

München, 1960.

**Untersuchungen
über den Anteil der Röntgenschnitt-
darstellung an der Strahlenbelastung der
Bevölkerung durch röntgendiagnostische
Maßnahmen**

Dr. med. Edith M. J. Kuo Ying **SHEN**



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555225_0108

AUS INSTITUT UND POLIKLINIK
FÜR PHYSIKALISCHE THERAPIE UND RÖNTGENOLOGIE DER
UNIVERSITÄT MÜNCHEN
RIEDER - INSTITUT

Direktor: Professor Dr. H. v. Braunbehrens

**Untersuchungen
über den Anteil der Röntgenschnitt-
darstellung an der Strahlenbelastung der
Bevölkerung durch röntgendiagnostische
Maßnahmen**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Dr. med. Edith M. J. Kuo Ying SHEN
aus Shanghai, China

München 1960

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Referent:

Priv. Doz. Dr. med. F. E. STIEVE

Korreferent:

Professor Dr. med. H. v. BRAUNBEHRENS

Dekan:

Professor Dr. Herbert SCHWIEGK

Tag der mündlichen Prüfung: 21.6.1960



I N H A L T

Seite

I.	EINLEITUNG	5
II.	WESEN DES RÖNTGENSCHICHTVERFAHRENS	8
	1. Prinzip der röntgenographischen Darstellung von Körperschichten	8
	2. Die Verfahren zur röntgenographischen Darstellung von Körperschichten	9
	Die am Institut angewendeten Methoden	
	A. Das Gerät "Universal-Planigraph"	10
	B. Das Gerät "Polytome"	
	Einzel- und Simultanschichtaufnahmen	11
III.	ALLGEMEINES ÜBER DIE STRALUNG UND DIE BIOLOGISCHEN EFFEKTE DER IONISIERENDEN STRAHLEN	13
	1. Arten der Strahlung	13
	2. Quellen der ionisierenden Strahlen	14
	3. Biologische Wirkungen der ionisierenden Strahlen	15
	A. Dosiseinheiten	15
	B. Strahlenempfindlichkeit des menschlichen Organismus	15
	C. Somatische Auswirkungen	17
	D. Genetische Auswirkungen	18
	E. Höchstzulässige Strahlendosen	20
IV.	EIGENE UNTERSUCHUNGEN	21
	1. Statistische Auswertung	21
	2. Meßverfahren und Meßergebnisse	26
V.	BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE	40
VI.	ZUSAMMENFASSUNG	45
	SCHRIFTTUM	48
	LEBENS LAUF	52

I. E I N L E I T U N G

Die moderne Entwicklung der Atomkernphysik hat ein Problem - Strahlen und Menschen - in den Brennpunkt des öffentlichen Interesses gerückt und den Wissenschaftlern eine Aufgabe neu gestellt: die Strahlenbelastung der Bevölkerung zu ermitteln.

Durch den Bericht der amerikanischen Studiengruppe aus dem Jahre 1956 (28) und die Ausführung des Britischen Medizinischen Forschungsrates 1956 (7) ist die Öffentlichkeit auf die Probleme aufmerksam gemacht worden, die sich bei der Anwendung ionisierender Strahlen auf friedlichem oder kriegertischem Gebiet stellen. Es handelt sich also nicht nur um die Belastung durch radioaktive Strahlungen als Folge der Bombenversuche, Arbeit in Atombetrieben usw., sondern auch um die Belastung der anderen ionisierenden Strahlen, deren Quellen schon vor der "Atom-Ära" bestanden, nämlich den Röntgenstrahlen.

Von Anfangsstadien bis zur heutigen weit ausgebreiteten Verwendung der Röntgenstrahlen in der Medizin, Industrie und im Gewerbe hat man vieles über die Gefahren erfahren, die diese Strahlen für Menschen mit sich bringen. Es wurden aber vorwiegend die somatischen Schäden im Auge behalten und Schutzmaßnahmen, wie die technischen Verbesserungen der Apparatur und Festlegung der höchstzulässigen Dosen usw. darauf ausgerichtet.

In der erwähnten technischen Entwicklung liegt aber die Möglichkeit, daß eine Strahlenbelastung aus künstlichen Strahlenquellen nicht nur Einzelglieder des Volkskörpers, sondern die Bevölkerung in ihrer Gesamtheit trifft. Damit tritt die mutationauslösende Wirkung ionisierender Strahlen in den Vordergrund der Betrachtung. Zur Frage der genetischen Strahlenbelastung der Bevölkerung sehen der amerikanische und der britische Bericht sowie der Report der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) von Ende 1957 (15) den derzeit wesentlichsten Faktor einer zusätzlichen Strahlenbelastung in der medizinischen Anwendung der Röntgenstrahlen. Bedeutung für die Genetik besitzt hier vor allem die Röntgendiagnostik, da sie wesentlich größere Kreise der Bevölkerung, und zwar auch im generationsfreudigen Lebensalter bis zu 30 Jahren betrifft. Röntgenbestrahlungen treten demgegenüber an Bedeutung zurück. Hierbei sind auch nicht die Strahlen bedeutsam, welche von Ärzten oder Röntgenpersonal empfangen werden, sondern diejenigen, welche auf die Patienten fallen. Mag auch ein einzelner Röntgenarzt im Laufe seines Lebens mehr von Strahlen getroffen werden als ein Patient, so ist doch die Strahlenbelastung der Patienten für die Gesamtbevölkerung erheblich wichtiger, da diese einen ungleich größeren Teil der Gesamtbevölkerung erfaßt als die von Ärzten oder Röntgenpersonal. Nach den Feststellungen Holthusens auf dem 9. Internationalen Congress für Radiologie in München (1959) trifft auf Grund statistischer

Erhebungen an der Bevölkerung Hamburgs etwa alle 15 Monate pro Kopf eine Röntgenuntersuchung.

Die Internationale Kommission für Strahlenschutz (ICRP), der maßgebende Kapazitäten aller zivilisierten Länder angehören, wurde inzwischen von der Welt-Gesundheits-Organisation (WHO) beauftragt festzustellen, ob und in welchem Ausmaß eine Gefährdung der Menschheit in ihrem genetischen Bestand besonders durch die Röntgendiagnostik gegeben ist. Auch in Deutschland sind solche Untersuchungen an den verschiedensten Stellen im Gange.

Einen orientierenden Bericht über Untersuchungen in verschiedenen Ländern hat die ICRP im Oktober 1957 (15) vorgelegt, und der allgemeine Tenor dieser wie auch früherer Ausführungen besagt, daß wir wegen der Gefahr tiefgreifender Schädigung unserer Nachkommenschaft bestrebt sein müssen, die Strahlenbelastung aus künstlichen Quellen in der Größenordnung der natürlichen Grundstrahlung zu halten. Als natürliche Grundstrahlung werden im Mittel 3 - 4 Dosiseinheiten (rad oder r) innerhalb von 30 Jahren angenommen; zusätzliche Strahlenbelastungen werden häufig in Prozenten dieser natürlichen Strahlenbelastung angegeben.

Nach den groben Schätzungen verschiedener Stellen wird die sog. genetische Dosis pro Kopf der Bevölkerung in den zivilisierten Ländern mit 40 - 180 mrad pro Jahr, entsprechend etwa 40 - 180 % der natürlichen Grundstrahlung angenommen. Genauere Untersuchungen legt der Bericht der ICRP für Dänemark, England, Schweden und für die USA vor; sie stammen von Hammer-Jacobson 1957 (14), Osborn und Smith 1956 (29), Larsson 1957 (20) sowie Laughlin und Pullman 1957 (22). Offizielle Zahlen für Deutschland liegen bisher nicht vor; zum Vergleich mit den anderen Ländern wurden deshalb Berechnungen von Seelentag (31, 32, 33) und von Mohr (27) verwendet, die auf Untersuchungen in Bayern und Hamburg zurückgehen und etwa in der Größenordnung der englischen Angaben liegen. In Tabelle 1 ist angegeben, wie groß die Strahlenbelastung durch Röntgendiagnostik im Mittel pro Kopf der Bevölkerung und pro Jahr geschätzt wird.

Land	Minimalwert	Schätzwert	Bei schlechter Technik
Dänemark	-	28 mr	-
England	22 mr	-	-
Schweden	-	40 mr	-
USA	50 mr	135 mr	-
Bayern	19 mr	-	380 - 900 mr
Deutschland	18 mr	?	360 - 900 mr
Natürliche Grundstrahlung	-	ca. 100 mr	

Tabelle 1: Die genetische Strahlenbelastung der Bevölkerung von 0 - 30 Jahren durch die Röntgendiagnostik in verschiedenen Ländern (nach dem Report der ICRP 1957 und nach Seelentag u. Mitarb. 1957/58 sowie nach Mohr 1958).

Die angegebenen Zahlen schwanken von etwa einem Viertel bis zum $1\frac{1}{4}$ fachen der natürlichen Grundstrahlung, also noch in zulässigen Grenzen. Wenn dieser Prozentsatz auch nicht sehr hoch ist, so muß doch festgestellt werden, welche Untersuchungen eine besonders hohe Strahlenbelastung ergeben bzw. wie häufig belastende Untersuchungen durchgeführt werden.

Mit dem Fortschritt der Technik findet das Röntgenschnittverfahren in der Röntgendiagnostik immer häufigere Anwendung, und zwar bei bestimmten Untersuchungen, wie z. B. der Tuberkulose, vor allem im generationsfähigen Alter, während andere Untersuchungsmaßnahmen, z. B. zur Diagnostik von Tumoren, im späteren Alter erfolgen. Das Problem der genetischen Belastung ist aber in diesem Gebiet fast unberührt.

Um diese Lücke auszufüllen und deutsche Untersuchungen über die genetische Strahlenbelastung der Bevölkerung beizutragen, wurde der vorliegenden Arbeit die Aufgabe gestellt zu bestimmen, welche genetische Strahlenbelastung bei der Schichtuntersuchung der einzelnen Organe auftritt.

Zugrunde gelegt wurden die am Institut für Physikalische Therapie und Röntgenologie der Universität München im Jahre 1958/1959 durchgeführten Schichtuntersuchungen im Vergleich zu den übrigen röntgendiagnostischen Maßnahmen sowie

die Messungen der Gonadendosis am Patienten bei den Schichtuntersuchungen im Jahre 1958/1959. Dabei erfolgte:

1. Statistische Auswertung,
2. Auswertung der Meßergebnisse,
3. Berechnung des Anteils an der Gesamtbelastung.

II. WESEN DES RÖNTGENSCHICHTVERFAHRENS

Der Grundgedanke des Körperschichtverfahrens wurde erstmals von André Edmond Marie Bocage in einer französischen Patentschrift aus dem Jahre 1921 niedergelegt. In der Folgezeit sind eine ganze Reihe von Methoden und Apparaturen zur Herstellung von Körperschichtaufnahmen angegeben worden.

1. Prinzip der röntgenographischen Darstellung von Körperschichten

Das Verfahren gestattet die isolierte Darstellung einer wählbaren Körperschicht unter Ausschluß der davor und dahinter liegenden Objektteile. Dieser Effekt wird stets erreicht durch die koordinierte Bewegung zweier Komponenten des Systems: Röhre - Objekt - Film.

Das Grundprinzip des Schichtverfahrens bei der Bewegung von Röhre und Film erläutert Abbildung 1 (10). Während der Exposition wird der Röhrenfokus von F 1 nach F 2 bewegt. In der gleichen Zeit legt die Kassette den Weg von K 1 nach K 2 zurück. Diese Bewegung findet um den (gedachten) Drehpunkt D statt. Die zum Film parallele Ebene, deren Höhe durch die Lage dieses Punktes bestimmt ist, bezeichnet man als "Schichtebene". (Obgleich von der Abbildung einer mathematisch definierten Ebene keineswegs die Rede sein kann.)

Aus Abbildung 1 ist ersichtlich, daß sich infolge der synchronen Bewegung von Fokus und Film das Dreieck, das in der Schichtebene gelegen ist, auf dem Film immer an der gleichen Stelle projiziert, also scharf abgebildet wird, während beispielsweise der Kreis, der außerhalb der Schichtebene liegt, relativ zum Film eine Bewegung erfährt, also während der Belichtung verwischt und somit unscharf dargestellt ist. Das Resultat am Ende der Aufnahmebewegung ist eine scharfe Abbildung aller Punkte der Schichtebene. Die anderen Objektpunkte sind verwischt, unterbelichtet und ergeben keine scharfe Zeichnung. Dieses Prinzip kann sinngemäß auf die Bewegung zweier anderer Komponenten des Systems, z. B. Objekt und Film, angewandt werden, ein Weg, den Bozzetti (6) zum erstenmal beschritt.

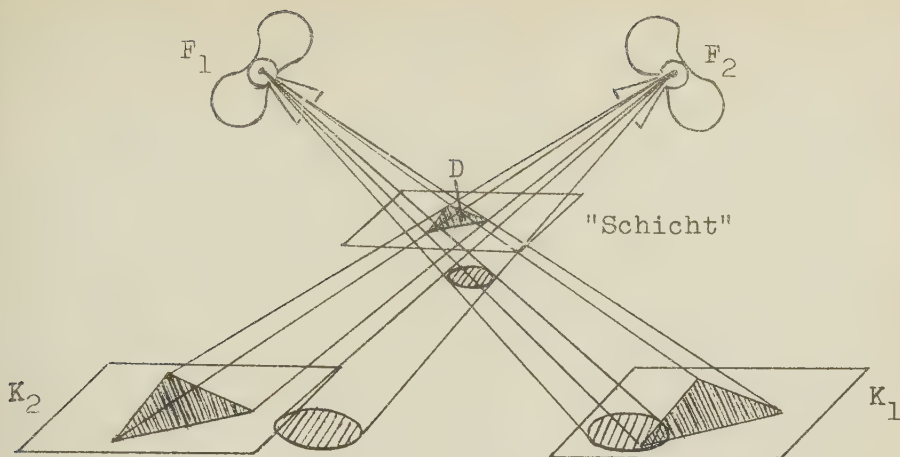


Abbildung 1: Grundprinzip des Schichtverfahrens bei Bewegung von Röhre und Film (nach R. Griesbach und F. Kemper).

Aus diesen Erläuterungen des Prinzips der Schichttechnik lassen sich auch die grundsätzlichen Unterschiede zwischen der Untersuchung mit Übersichtsaufnahmen und der durch das Schichtverfahren erkennen, die eine gesonderte Behandlung der Gonadenbelastung notwendig erscheinen lassen:

- A. Da bei einer Schichtaufnahme nur eine sehr dünne Schicht (etwa 1 • 3 mm je nach Schichtwinkel) scharf dargestellt wird, sind bei jeder Untersuchung mehrere Aufnahmen notwendig.
- B. Durch die Bewegung der Röhre während der Aufnahme vergrößert sich bei der Schichtaufnahme das Strahleneintrittsfeld gegenüber dem einer gleich großen Übersichtsaufnahme.
- C. In der Mehrzahl der Fälle wird bei Schichtaufnahmen ein kleineres Aufnahmeformat gewählt als bei Übersichtsaufnahmen, da sie ja zur genaueren Analyse nur eines bestimmten Bereiches der Übersichtsaufnahme dienen.

2. Die Verfahren zur röntgenographischen Darstellung von Körperschichten

Die Vielzahl der möglichen Bewegungen der Systemkomponenten - Röhre, Objekt, Film - erklärt die große Zahl der angegebenen Apparaturen, der Behelfs- und Zusatzgeräte. Dazu kommt, daß auch noch für die Form der Bewegung eine größere Anzahl von Möglichkeiten besteht. Auch über sie sind eine Reihe eingehender Untersuchungen angestellt worden. Vor allem haben Grossmann (11, 12) und Vieren

(42, 43, 44, 45) in Deutschland und Kieffer (17, 18) sowie Andrews (1, 2, 3) in Amerika sich mit einer Analyse der günstigsten Bewegungsmöglichkeiten auseinandergesetzt.

Als durchführbare Möglichkeiten bei der Bewegung von Röhre und Film haben sich die geradlinige, die kreisförmige, die spiralförmige, die hypozykloide, die elliptische und die in Form einer Sinuskurve verlaufende Bewegung erwiesen. Welche dieser Möglichkeiten nun die absolut beste ist, kann nicht ohne weiteres bestimmt werden. Es kommt sehr auf die Art des zu untersuchenden Objektes an und läßt sich daher in keinen festen Rahmen bringen. Nach den geometrischen Untersuchungen von Stieve (39) gibt diejenige Bewegung den besten Verwischungsgrad, die sowohl möglichst nahe am Mittelpunkt vorbeigeht als auch mehrdimensional erfolgt. Dies ist die hypozykloide Bewegung nach Sans und Porcher. Sie benötigt jedoch eine verhältnismäßig lange Ablaufzeit, so daß sie in Fällen, in denen es auf eine möglichst kurze Belichtung ankommt, trotz des erwähnten Vorzugs nicht verwendet werden kann.

Im Interesse einer besseren Übersicht ist es angezeigt, die Verfahren nach der Art ihrer Aufnahmebewegung in folgende Gruppen zu ordnen:

- A) Die Verfahren mit mehrdimensionaler Verwischung.
- B) Die Verfahren mit eindimensionaler Verwischung:
 - a) Bewegung von Röhre und Film auf parallelen Geraden,
 - b) Bewegung von Röhre und Film auf Kreisbögen,
 - c) Bewegung des Objektes und des Filmes bei feststehender Röhre.
- C) Die Verfahren zur Erzielung transversaler (horizontaler) Schichten.
- D) Besondere Verfahren (näheres siehe "Röntgenschnittverfahren" von R. Griesbach und F. Kemper).

Hierbei sollen nur die am Institut für Physikalische Therapie und Röntgenologie der Universität München angewendeten Methoden erörtert werden.

A. Das Gerät "Universal-Planigraph" (Siemens) ist der am meisten, besonders in Deutschland, bekannte Vertreter der Gruppe von Verfahren mit eindimensionaler Verwischungsrichtung und Bewegung von Röhre und Film auf parallelen Geraden. Neuartig ist bei der Konstruktion des Universal-Planigraphen, daß an Stelle eines Stativfußes oder Sockels ein Stahlrohr ringförmigen Durchmessers (etwa 2 m) fest an der Wand montiert ist, an dem sich über Kugellagerrollen das System Röhre-Film-Patientenlagerungstisch wie an einer Drehscheibe bewegen läßt. Für den Antrieb von Röhre und Kassettenträger sind Elektromotoren vorgesehen, die durch ihre Anordnung gleichzeitig als Gegengewicht für die bewegten Teile ausgebildet sind. Die Aufnahmebewegung wird von einem Elektromotor über eine endlose Kette dem System mitgeteilt. Hierbei ist die Kupplung von Röhre und Film

über einen besonderen Lenkstab erreicht, der über einen im Abstand zum Film verstellbaren Drehpunkt geführt ist. Der in 4 Geschwindigkeiten (1,2 - 4,6 sec.) wählbare Bewegungsablauf kann von einem Schaltpult, das beweglich und vom Gerät unabhängig nur durch ein Kabel verbunden ist, gesteuert werden. Die Einstellung der gewünschten Schichttiefe und die hierzu notwendige Verstellung des Drehpunktes geschieht über einen Kurbelantrieb, wobei die Tiefenlage unmittelbar an einer Skala am Drehpunkt und an einer solchen am Leuchtschirm eingestellt werden kann. Die Lagerungsplatte bleibt immer in gleicher Höhe. Der Röhre-Film-Abstand beträgt in der Mittelstellung 140 cm. Die Einhaltung immer gleicher Abstandsverhältnisse von Fokus - Film und Schicht - Film ist nicht vorgesehen. Die sich ergebende lineare Vergrößerungsdifferenz spielt aber keine wesentliche Rolle. Es ergibt sich vielmehr der Vorteil, daß Schichtaufnahmen verschiedener Tiefe eines Objektes mit den gleichen Belichtungsdaten durchgeführt werden können. Die Dicke der darstellbaren Schicht bzw. die Größe des Verwischungswinkels, die die Schichtdicke bestimmt, ist durch Kontakte, die den Röhrenstrom steuern, variabel. Eine weitere Neuerung stellt der Antrieb der Feinrasterblende dar, bei dem die Bewegung der Blende auf die jeweiligen Belichtungszeiten abgestimmt ist.

B. Das Gerät "Polytome" mit mehrdimensionaler Verwischung

1950 wurde von Tobb (41) das Polytome von Sans und Porcher vorgestellt. Dieses Gerät, das von Massiot & Cie. in Frankreich gebaut wird, arbeitet mit verschiedenen Bewegungen von Röhre und Film. Diese Bewegungen können linear, zirkulär, elliptisch und hypozyklisch erfolgen. Nach Angaben der Hersteller beträgt der Weg der größten Röhrenexkursion bei einem Bewegungswinkel von 60° 540 cm in einer Ablaufzeit von 6 sec., der mindeste 58 cm bei geradliniger Bewegung und einem Winkel von 29° in 0,6 sec. Die Vielzahl der Bewegungen wird dadurch erreicht, daß Röhre und Film an einem doppelarmigen Rahmen angebracht sind, der über ein Grundgerüst in den verschiedenen Bewegungen drehbar ist. Die Bewegung erfolgt hierbei über einen Elektromotor. Es sind Schichtaufnahmen am stehenden und liegenden Patienten sowie in jeder Schräglage möglich. Im Gegensatz zum Universal-Planigraphen besteht hier ein konstanter Abstand Röhre - Drehpunkt, Drehpunkt - Film (Gesamtabstand 1,40 m), wobei sich Röhre und Filmträger auf Kugelkalotten bewegen. Um eine störungsfreie Bewegung des Kassettenträgers zu ermöglichen, ist der Abstand Drehpunkt - Film größer als beim Universal-Planigraphen (37 cm). Er ergibt ein wahlweise verwendbares Vergrößerungsverhältnis 1 : 1,3 bzw. 1 : 1,6. Die Schichthöheneinstellung erfolgt durch Heben und Senken des Lagerungstisches. Der Patient ist dadurch näher an die Röhre gerückt, wobei der Abstand Röhre - Patientenoberfläche je nach Einstellung der Schichthöhe variiert. Durch Auswahl entsprechender Aufnahmebewegung lassen sich Störschat-

ten weitgehend eliminieren. Bei den Aufnahmen am Institut wurde lediglich die lineare Verwischung mit einem Pendelwinkel von 40° bei Lungenschichtaufnahmen und die hypozykloide Verwischung mit einem Pendelwinkel von 40° für alle übrigen Untersuchungen angewendet.

Durch die differente Konstruktion der beiden Geräte ergeben sich gewisse Unterschiede, die sich rein theoretisch z. T. auf die Strahlenbelastung des Patienten auswirken könnten und die deshalb hier noch zusammengefaßt werden:

1. Beim Universal-Planigraph ist der Abstand Röhrenfokus - Objektoberfläche von der Schichthöhe unabhängig, während er beim Polytome je nach Schichthöhe wechselt und zwar in dem Sinn, daß er umso kleiner wird, je tiefer die Schichtebene liegt.
2. Dadurch bedingt bleibt beim Polytome der Abstand Schichtebene - Film und damit der Vergrößerungsmaßstab des Röntgenbildes unabhängig von der Schichthöhe gleich, während diese beiden Komponenten sich beim Universal-Planigraphen mit zunehmender Schichthöhe, die ja stets als Abstand von der Unterlage angegeben wird, vergrößern.
3. Da beim Universal-Planigraphen Röhren- und Filmbewegung auf parallelen Geraden erfolgen, deren Abstand sich nicht ändert, d. h. die Tischplatte des Lagerungstisches keinen veränderlichen Abstand zum Film benötigt, kann der Abstand Objekt - Film sehr klein gehalten werden. Aus diesem Grund ist der Abstand Röhrenfokus - Objektoberfläche immer kleiner als beim Polytome, denn der Abstand Fokus - Film ist bei beiden Systemen gleich.
4. Die Bewegung von Röhre und Film auf parallelen Geraden beim Universal-Planigraph führt natürlich zu einer Änderung des Fokus-Objekt-Abstandes während der Röhrenbewegung. Er ist in der Mittelstellung am kleinsten und in der Endstellung am größten. Beim Polytome dagegen, bei dem die Halterung von Röhre und Film ein über Kugelkalotten bewegliches Parallelogramm darstellt, bleibt der Fokus-Objekt-Abstand in allen Bewegungsphasen gleich.

Einzel- und Simultanschichtaufnahmen:

Der bereits früher erwähnte Umstand, daß eine Schichtuntersuchung eine Anzahl von Aufnahmen erforderlich macht, die in verschiedenen Arbeitsgängen angefertigt werden müssen, wurde sehr bald als ein gewisser Nachteil des Verfahrens angesehen, den man zu beseitigen trachtete.

Bereits im Jahre 1931 berichtete Ziedses des Plantes (49) über Vorschläge zur Mehrschichtdarstellung, d. h. Anfertigung mehrerer übereinanderliegender Körperschichtbilder in einem Aufnahmevorgang. Diese Methode wurde auch schon 1936 von Janker (16) und seiner Schule angewendet. Vieten (46) veröffentlichte

1940 ebenfalls Versuche zu diesem Verfahren. Ähnliches wurde von Haas (13) wiederholt.

Im Einzelnen wird die Darstellung so erreicht, daß in einer geeigneten Kassette bestimmter Größe und Höhe mehrere Filme mit entsprechender Folienkombination in verschiedenen Lagen angeordnet sind. Die Folienkombination ist notwendig, um die differenten Abstände Fokus - Film sowie die beispielsweise dem objektfürneren Film zwischengeschaltete Schwächung durch darüberliegende Filme usw. auszugleichen und die Aufnahmen später miteinander vergleichbar zu machen.

Als Vorteile der Simultanschichtdarstellung wurden in den Arbeiten von Backlund (4), Becker (5), Lasser (21), Liess (24) angegeben: 1. Arbeitszeitersparnis, 2. Geringere Belästigung des Patienten durch Verkürzung der Untersuchungszeit, 3. Darstellung des zu untersuchenden Objektes im gleichen Zustand und 4. Herabsetzung der Strahlenbelastung des Patienten. Während die Richtigkeit der ersten drei Punkte unbestritten blieb, konnte Widenmann (48) 1958 durch vergleichende Untersuchungen über Bildqualität und Dosisbedarf bei Simultan- und Einzelschichtaufnahmen nachweisen, daß die Herabsetzung der Strahlenbelastung durch die Simultantechnik wesentlich geringer ist als nach den bisher vorliegenden Angaben zu erwarten wäre. Da die übereinanderliegenden Folienpaare die durchfallenden Röntgenstrahlen erheblich schwächen, muß der Verstärkungsfaktor von der untersten zur obersten Folie immer weiter herabgesetzt werden, um eine gleichmäßige Schwärzung der Röntgenbilder in allen Schichten zu erreichen. Damit entspricht aber der Verstärkungsfaktor des Folienpaares bei weitem nicht mehr dem einer Universalfolie, wie sie zu Einzelschichtaufnahmen verwendet wird. So resultiert letzten Endes durch eine Simultanserie höchstens eine etwa 20 - 40prozentige Dosisersparung gegenüber der gleichen Anzahl Einzelschichtaufnahmen.

III. ALLGEMEINES ÜBER DIE STRALUNG UND DIE BIOLOGISCHEN EFFEKTE DER IONISIERENDEN STRAHLEN

Da man sich vielfach eine falsche Vorstellung von der Strahlung überhaupt macht, sollen vor Behandlung des speziellen Themas die Grundlagen der modernen Strahlungslehre kurz erörtert werden.

1. Arten der Strahlung

Unter Strahlung im allgemeinen versteht man jeden Vorgang, der sich von einer Strahlenquelle aus wellenförmig im Raume ausbreitet. Dazu gehören die folgen-

den "elektromagnetischen Wellen", die je nach Wellenlänge (und damit Energiegehalt) verschiedene physikalische und physiologische Wirkungen haben: von der langwelligen Seite herkommend die Radiowellen, Radarwellen, Wärmestrahlen, Infrarotstrahlen, das sichtbare und das ultraviolette Licht, die weichen und die harten Röntgenstrahlen, die Gamma-Strahlen radioaktiver Substanzen und die außerordentlich stark durchdringenden Ultra- oder Höhenstrahlen. Von einem gewissen Energiegehalt der einzelnen Strahlungseinheit, des Strahlenquants, ab, also die Röntgenstrahlen, Gamma-Strahlen radioaktiver Substanzen und die Ultra- oder Höhenstrahlen, gehören diese Strahlungen zur Gruppe der "Quantenstrahlen" und haben die Eigenschaft, aus den elektrisch neutralen Molekülen der Luft Elektronen herauszuschlagen und diese Moleküle dadurch zu "ionisieren". Die gleichen Ionisationswirkungen haben aber auch "Korpuskularstrahlen", Strahlen, die aus schnellbewegten Elementarteilchen (Korpuskeln) bestehen wie die aus Elektronen zusammengesetzten Beta-Strahlen, die aus Protonen oder Heliumkernen bestehenden Alpha-Strahlen und die Strahlung schneller und thermischer Neutronen. Alle Strahlen, die dieses Ionisationsvermögen besitzen, also die Quanten- und Korpuskularstrahlen, bilden den Sammelbegriff der "ionisierenden Strahlen".

2. Quellen der ionisierenden Strahlen

Als erste Quelle der ionisierenden Strahlen tritt die natürliche Grundstrahlung in Erscheinung. Diese setzt sich aus verschiedenen Komponenten zusammen. Zunächst ist da die "Eigenstrahlung" des menschlichen und tierischen Organismus, eine Strahlung, welche von radioaktiven Stoffen wie Kalium 40, Kohlenstoff 14, Radium und Strontium ausgeht, die natürlicherweise in jedem Körper enthalten sind. Die zweite Komponente in der natürlichen Grundstrahlung ist die "kosmische Strahlung", die aus dem Weltraum auf uns eindringt als Mesonen, Neutronen, Elektronen oder Gamma-Quanten. Den größten Anteil der natürlichen Grundstrahlung macht aber die "Umgebungs- oder Terrestrische Strahlung" aus. Sie stammt aus dem natürlichen Gehalt der Luft an Radium-Emanation und aus den in jedem Boden in wechselnder Menge enthaltenen natürlichen radioaktiven Stoffen wie Kalium und Elementen der Thorium- und Uranzerfallsreihe (9, 23, 36, 37, 38). Als weitere Quelle dieser ionisierenden Strahlen wäre noch anzuführen der sogenannte "radioactive fall-out", also die radioaktiven Niederschläge auf Grund von Atombombenversuchen, die "Atombetriebe", die Verwendung radioaktiver Stoffe in Industrie und Gewerbe, die Anwendung radioaktiver Stoffe in der Medizin, die Röntgeneinrichtungen in Industrie und Gewerbe und die Röntgeneinrichtungen für diagnostische und therapeutische Zwecke in der Medizin.

3. Biologische Wirkungen der ionisierenden Strahlen

A. Dosiseinheiten

Wenn bei den ionisierenden Strahlen auch quantitative Unterschiede bestehen, die Wirkungen sind qualitativ gleich. Das besagt, daß sie sich addieren. Es muß also jegliche Strahlenquelle und jegliche Strahlenart bei der Beurteilung der Strahlenbelastung eines Organismus berücksichtigt werden. Die Gesamtbelastung entspricht dann der Summe der einzelnen Einwirkungen. Es kommt bei der biologischen Wirkung auch nicht auf die Energie der einzelnen Korpuskel oder des einzelnen Quants an, sondern nur auf die Menge der abgegebenen Energie. Man versteht unter dem Begriff "Dosis" die Menge der absorbierten Energie bezogen auf die Volumen oder die Masseneinheit. Von einer auffallenden, durchdringenden Strahlung wirkt auf einen Körper, also ein räumliches, nicht flächenhaftes Gebilde, nur der Teil, der in diesem Körper sozusagen "hängenbleibt"; das "Hängenbleiben" oder "Verschlucktwerden" bedeutet ja nichts anderes als die Energieabgabe der Strahlung. Der Teil der Strahlung, der lediglich durch den Körper hindurchgeht, keine Energie abgibt, übt keine Wirkung aus.

Als Einheiten der Dosis sind zu nennen: das "r" als Einheit der Röntgen- oder Gamma-Strahlung, die in der Luft eine bestimmte Menge von Ionen erzeugt ($2,09 \times 10$ Ionenpaare/cm Luft von 0°C und 760 mm Hg-Druck), die Einheiten "rep" (roentgen equivalent physical = 93 erg/g Gewebe oder Wasser) oder "rad" (radiation absorbed dose = 100 erg/g irgendeiner Substanz) für Korpuskularstrahlung. Die 1/1000stel Teile dieser Einheiten sind das Milliroentgen (mr), das mrep oder mrad, und dementsprechend wird der 1/1000000ste Teil als mikro-r (μr) bezeichnet. Die biologische Dosis in der Einheit der "rem" (roentgen equivalent man) wird aus der physikalischen Dosis durch Multiplikation mit der "RBW" (relativen biologischen Wirksamkeit) ermittelt. Die Strahlenbiologen haben den Begriff "RBW" deshalb geschaffen, weil quantitative Unterschiede bei den verschiedenen, jedoch qualitativ völlig gleich wirkenden ionisierenden Strahlen bestehen, wobei z. B. durch die Ionisationsdichte (räumliche Aufeinanderfolge der einzelnen Ionisation) die biologischen Wirkungen nicht gleich sind.

B. Strahlenempfindlichkeit des menschlichen Organismus

Die biologische Wirkung der ionisierenden Strahlen ist nicht nur von der Strahlenmenge sowie von der Dauer ihrer Einwirkung abhängig, zugleich spielen auch die Strahlenempfindlichkeit und die Fähigkeit zur Erholung von dem Strahleninsult bei einem von Strahlen getroffenen Organismus eine wichtige Rolle.

Die Strahlenempfindlichkeit eines Gewebes - eines Organes - ist bedingt durch die unterschiedliche Empfindlichkeit seiner Zellen. Die Empfindlichkeit der

Zellen ist *ceteris paribus* abhängig von ihrem Stoffwechsel, der durch die Bestrahlung empfindlich gestört wird. In folgender Tabelle (30) sind verschiedene Zell- und Gewebsarten nach abnehmender Strahlenempfindlichkeit angegeben.

Tabelle 2: SPEZIFISCHE STRAHLENSENSIBILITÄT

(geordnet nach abnehmender Empfindlichkeit von oben
nach unten, modifiziert nach B. Rajewsky.)

Zellart	Gewebe
Lymphocyten	Milz, Lymphgewebe, Knochenmark,
Leucocyten	Blut Thymus
Eizellen	Ovarien
Spermatogonien	Hoden
Zellen d. strat. germinat.	Schleimhäute
Drüsenzellen	Speicheldrüsen
Follikelzellen	Haarpapille
Drüsenzellen	Schweiß- und Talgdrüsen
Epithelzellen	Epidermis
Parenchymzellen	Lunge, seröse Häute
Tubulus-Epithelzellen	Niere
Parenchymzellen	Leber, Pankreas, Nebenniere
Acinuszellen	Thyreoidea
Fibroblasten, Endothelzellen	Bindegewebe, Gefäße
Knorpelzellen	Knorpelgewebe
Osteoblasten	Knochengewebe
Muskelzellen	Muskelgewebe
Ganglienzellen	Nervengewebe

Als besonders strahlenempfindlich sind vor allem die blutbildenden Organe und die Keimdrüsen anzusprechen. Während sich nun Milz und Thymus durch eine relativ große Erholungsfähigkeit nach erfolgter Bestrahlung auszeichnen, gilt dies schon in wesentlich geringerem Maße für das Knochenmark und noch viel weniger für die Keimdrüsen. Bei diesen kann von der Möglichkeit einer Erholung praktisch nur bei den männlichen Gonaden gesprochen werden. Dagegen fehlt eine solche beim Ovar völlig. Welche Gründe für die verschiedene Strahlungsempfindlichkeit der Zellen und Gewebe wie auch für ihre unterschiedliche Erholungsfähigkeit verantwortlich sind, entzieht sich vorerst noch weitgehend unserer Kenntnis (47). Die Strahlen wirken auf Generations- und Erhaltungsstoffwechsel der Zelle hemmend; je lebhafter der Stoffwechsel, desto strahlenempfindlicher ist das Gewebe. Am empfindlichsten ist die Zelle mit lebhaftem Generationsstoffwechsel, vor allem

in der Mitose. Junge, rasch wachsende Gewebe - auch Blastome - sind besonders empfindlich. Geringere Bedeutung hat der weniger ins Zelleben eingreifende Leistungsstoffwechsel, Absonderung von Stoffen, z. B. in Drüsen, Muskulatur. Je nach der Intensität der Strahlung erholt sich die Zelle von der Schädigung oder geht dabei zugrunde. Die Schädigung wird allerdings nie ausgeglichen. Die ruhende Zelle, wie z. B. die Pflanzensamen, scheint "strahlenunempfindlich", d. h. sie bleibt ohne sichtbare Änderung. Die latente, trotzdem eingetretene Schädigung zeigt sich erst beim Keimen. Die kleinen Dosen können für das Gewebe makroskopisch unschädlich sein, aber die Summation vieler kleiner, häufig nicht einmal registrierter Einzelbestrahlungen kann sich dann in Spätschäden, wie der Entstehung maligner Geschwülste, und in der Verkürzung von Lebensdauer bemerkbar machen (47).

C. Somatische Auswirkungen der Strahlen am Menschen

Gleich die ersten Jahre, in denen die von W. C. Röntgen entdeckten Strahlen in der Medizin Verwendung gefunden hatten, brachten erhebliche Schädigungen von Forschern, Ärzten und auch Patienten, die mit diesen Strahlen umgingen oder behandelt wurden. Mit der Entwicklung der Atomkernphysik erleben wir bei einer Katastrophe in einem Atombetrieb oder bei einer Atombombenexplosion, wenn große Strahlendosen auf den menschlichen Körper einwirken, Krankheiterscheinungen, die je nach empfangener Dosis mehr oder weniger ausgeprägt sind. Kopfschmerz, Temperaturerhöhung, Übelkeit, Erbrechen, Durchfall, Blutungen verschiedener Art, Hautschäden usw. bilden das sog. "akute Bestrahlungssyndrom", das nach einer Totalbestrahlung oder nach der Bestrahlung eines größeren Körperabschnittes entsteht (19).

Die akute Überexposition dürfte heute kaum mehr vorkommen. Die chronische Exposition läßt Wirkungen erwarten, von denen wegen ihrer Folgen zwei Gruppen zu unterscheiden sind. Es soll hier zunächst von der Schädigung des betroffenen Individuums die Rede sein.

Im Hinblick auf die Gesunderhaltung der Allgemeinheit ist eine chronische Belastung mit kleinen Dosen von viel größerer Bedeutung, wobei die Strahleneinwirkung gar nicht bis zum Auftreten der ersten Schädigungssymptome bemerkt wird. Zwischen dieser und dem Beginn der Strahlenbelastung kann ein Zeitraum von mehreren bis vielen Jahren liegen. So rechnet man z. B. bei der durch kleine Strahlendosen ausgelösten Leukämie mit einer Latenzzeit von durchschnittlich 6 Jahren, beim Lungenkrebs bei den Uranbergbauarbeitern mit einer Latenzzeit von etwa 17 Jahren. Bei Leuchtziffermalerinnen, die während ihrer Arbeit radioaktives Material inkorporieren, fanden sich Knochensarkome sogar erst nach 20 bis 22 Jahren (19).

Auch ein Rückgang der Lebensdauer durch chronische Strahlenbelastung wurde festgestellt. Nach dem amtlichen amerikanischen Bericht "The Biological Effects of Atomic Radiation" haben die Radiologen der USA durchschnittlich eine um 5,2 Jahre reduzierte Lebenserwartung gegenüber solchen Ärzten, die nicht mit energiereichen Strahlen arbeiten. Damit stimmen gewisse Angaben in der französischen Literatur überein, nach denen bereits der Empfang einer Röntgeneinheit (r) die Lebenszeit des Menschen um etwa 3 bis 6 Tage reduziert (19).

Es wäre noch anzuführen, daß die Frucht im Mutterleib gegenüber der Strahleneinwirkung sehr empfindlich ist. Bei Strahlendosen im Gefolge der Röntgendiagnostik hat es zwar noch keine Fehlgeburt gegeben, aber schon bei verhältnismäßig kleinen therapeutischen Dosen, z. B. von 30 - 50 r, muß man mit einer Fehlgeburt oder der Geburt einer mißgebildeten Frucht rechnen (26). Es ist zu erwarten, daß bei jeglicher Strahleneinwirkung auf die Frucht die Wahrscheinlichkeit der Gen-Veränderung der fötalen Keimzellen wegen ihrer hochgradigen Strahlenempfindlichkeit höher ist als beim Erwachsenen.

D. Genetische Auswirkung der Strahlen am Menschen

Das Hauptaugenmerk liegt heute auf der zweiten und wichtigeren Wirkungsgruppe, der "genetischen Belastung" der Bevölkerung. Dabei interessiert die Strahleneinwirkung an den Gonaden (Keimdrüsen). Eine allgemeine Wirkung ionisierender Strahlen auf die Zelle ist der Eingriff in das Kerngefüge. Diese Wirkung kann bei Keimzellen deshalb besonders verhängnisvoll sein, weil hier die Möglichkeit besteht, daß eine solche Veränderung des Kerngefüges als sog. Mutation an kommende Generation weitervererbt wird (34). Die Änderung einer Erbanlage, eines Gens, wird also bei jeder Zellteilung an die Tochterzelle weitergegeben.

Die mutationauslösende Wirkung ionisierender Strahlen erstreckt sich auf die Keimzellen in jedem Entwicklungsstadium. Für die Auslösung einer "Genmutation" kann eine einzige Ionisation ausreichend sein. Durch mehrere Ionisationen können "Chromosomenmutationen" in Form von Inversionen, Chromosomenbrüchen, Translokationen, Verdopplungen usw. auftreten.

Die strahlenbedingten Mutationen werden auch vollständig kumuliert, mit anderen Worten, die Zahl der Mutationen, die in den Keimzellen eines Individuums enthalten sind, ist weitgehend der Dosis proportional, die, gleich in welcher zeitlichen Verteilung, jemals diese Keimdrüsen getroffen hat. Es gibt also keine Erholungsvorgänge auf diese Wirkung. Diese Summation der strahleninduzierten Mutationen erfolgt nicht nur während des Lebens des Einzelindividuums, sondern durch die Generationen hindurch. Daraus ist noch zu folgern, daß es einen Schwellenwert der für die Mutationsauslösung notwendigen Dosis nicht gibt - also von einer unschädlichen Minimaldosis nicht gesprochen werden kann - da jede

das Gen treffende Strahlenenergie eine Mutation hervorrufen kann.

Mutationen können spontan auftreten, also naturbedingt sein. Spezielle Röntgenmutationen gibt es nicht. Die strahleninduzierten Mutationen entsprechen den spontanen Mutationen und stellen in den meisten Fällen wie die naturbedingten Mutationen Minusvarianten oder Letalfaktoren dar. Die spontan auftretenden oder strahleninduzierten wertvollen Mutationen auszunützen, ist beim Menschen unmöglich (26).

Da die Vorgänge der Vererbung, den Gesetzen der Kombinatorik folgend, im allgemeinen nur statistisch, also in einem großen und gleichmäßigen Material, faßbar sind und da die Strahlen in Kern- und Plasmafunktion eingreifen, die bei den Pflanzen-, Tier- und Menschenzellen den gleichen Gesetzen unterliegen, sind die Genetiker sich darüber einig, die tier- und pflanzenexperimentellen Ergebnisse der Strahlengenetik auch für den Menschen als gültig anzusehen. Als Objekt wurde meist die Taufliege, die *Drosophila*, verwendet. Und bis jetzt sind in verschiedenen Tieren (*Drosophila melanogaster*, *Drosophila funebris*, *Habobraccon*, Mehlmotte, Maus) und Pflanzen (Löwenmaul, Gerste, Mais, Hafer, Weizen, Tabakpflanzen) eingehende Untersuchungen gemacht, um die Häufigkeit der spontanen und strahlenbedingten Mutationen festzulegen (26). Beim Menschen mußte wegen des höheren Fortpflanzungsalters, mit dem eine längere Einwirkung mutagener Umweltfaktoren verbunden ist, und der größeren Zahl von vorhandenen Erbanlagen mit einer höheren Mutationsrate gerechnet werden. So hat man auch für den Menschen eine Mutationsrate des einzelnen Gens von 1 : 100000 angenommen und kam zu einer gesamten Mutationsrate von 24 : 100 Keimzellen, da der Mensch im einfachen Chromosomensatz 24 Chromosomen hat, von denen jedes durchschnittlich 1000 Gene tragen dürfte. (Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß diese Zahl auf Grund der neuesten Forschungen, mitgeteilt auf dem internat. Kongreß für Humangenetik in Kopenhagen 1956, auf 23 korrigiert werden muß; der Mensch hat demnach insgesamt im doppelten Chromosomensatz der Körperzellen nicht 48, sondern 46 Chromosomen!). Also etwa 24 von 100 der Keimzellen, die wir tragen, erwerben von der Empfängnis bis zum Ende des durchschnittlichen fortpflanzungsfähigen Alters, das im Mittel mit 30 Jahren angesetzt wird, irgendeine Mutation. Ausgedehnte Forschungen wurden unternommen, um festzustellen, in welchem Ausmaß diese natürliche Mutationsrate durch zusätzliche Strahleneinwirkung erhöht wird. Aus den Versuchen an der *Drosophila* und der Maus wurde für den Menschen abgeleitet, daß die natürliche Mutationsrate von 24 : 100 Keimzellen durch 40 r erzeugt werden kann, also dementsprechend verdoppelt werden muß, wenn 40 r sich zu den natürlichen Einwirkungen addieren. Die Angaben verschiedener Wissenschaftler schwanken hier zwischen 20 - 160 r. Eine solche Verdoppelung der Mutationsrate wird von den Genetikern als noch tragbar angesehen, ohne daß der genetische Tod oder die Degeneration

des menschlichen Geschlechtes befürchtet werden müßte. Diese 40 r sind deshalb als Grenzdosis für die durchschnittliche Strahlenbelastung der Keimdrüsen größerer Bevölkerungsteile oder einer genetisch weitgehend abgeschlossenen Bevölkerungsgruppe anzusehen (35).

Die strahleninduzierten Mutationen sind aber in der überwiegenden Anzahl rezessive Mutationen, d. h. sie werden nur dann manifest, wenn sie mit einem in gleicher Art mutierten Partner zusammentreffen. Dagegen können auch diese rezessiven Mutationen wieder vererbt werden; eine Manifestation, wie z. B. grobe Mißbildungen als Bestrahlungsfolgen, kann u. U. erst nach Generationen erfolgen.

E. Höchstzulässige Strahlendosen

Die Internationale Kommission für Strahlenschutz (ICRP), der maßgebende Kapazitäten aller zivilisierten Länder angehören, hatte im November 1956 für durch Strahlung chronisch belastete Bevölkerungsgruppen (Arbeiter in Atombetrieben, Röntgenassistentinnen, Röntgenologen usw. eine höchstzulässige Dosis von 0,3 r/Woche festgelegt. Die Gesamtstrahlenmenge darf aber in einem Jahr den Wert von 5 r nicht überschreiten. Um die Strahlengefährdung größerer Bevölkerungskreise auf ein Mindestmaß herabzusetzen, empfiehlt die Kommission, für die Gesamtbevölkerung keine höhere Strahlenbelastung als 10 % derjenigen zuzulassen, die für Personen in Strahlenbetrieben vorgesehen ist. Die Kommission setzt die höchstzulässige Strahlenbelastung von Personen in Strahlenbetrieben für ein Generationsalter, angenommen wird 30 Jahre, auf 50 r fest. Dieser Wert entspricht der oberen Grenze der als Verdopplungsdosis angesehenen Strahlenmenge. Für die Gesamtbevölkerung selbst gilt der Wert von 15 r/Generation. Damit nähert sich dieser Dosiswert sehr erheblich dem von manchen Genetikern geforderten höchstzulässigen Wert von 10 r in 30 Jahren (19).

Es ist noch wichtig zu wissen, daß kleine, aber häufige Strahlendosen bei vielen Personen für den Genbestand einer Population die gleiche Gefährdung bedeuten wie eine hohe Dosis bei wenigen Personen, wenn das Produkt aus Personenzahl und Strahlenbelastung dasselbe ist (26). Durch die Bedingung der entsprechenden Partnerschaft (Manifestation tritt beim Zusammentreffen von zwei in gleicher Art mutierten Partnern auf) ist erklärt, warum wir bei genetischen Fragen nicht so sehr die Dosis beachten müssen, die den einzelnen trifft, sondern diejenige, welche die Population insgesamt erhält.

IV. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Die Untersuchungen wurden am Institut f. Physikalische Therapie und Röntgenologie der Universität München im Jahre 1958/1959 durchgeführt. Sie waren in zwei Teile gegliedert:

1. Die statistischen Untersuchungen über die Häufigkeit der verschiedenen Röntgen-Untersuchungen.
2. Die Messungen der Strahlendosis an Patienten bei den Röntgen-Schichtuntersuchungen.

1. Statistische Untersuchungen

Tabelle 3: Aufgliederung der Röntgen-Untersuchungen am Institut f. Physikalische Therapie und Röntgenologie der Universität München 1958/59.

(M = Männer, W = Frauen).

Untersuchungsart bzw. Organ		Gesamt- zahl	Altersgruppen					
			14-20	21-30	31-35	36-40	41-45	üb. 45
Lungen-	M	1833	207	437	168	149	118	754
Durchleuchtung	W	2613	203	417	232	205	182	1374
Lungen-Aufn.	M	2438	217	465	153	126	157	1320
d. v.	W	2815	212	448	241	223	200	1491
Lungen-Aufn.	M	174	10	21	8	6	7	132
seitlich	W	132	5	10	10	15	6	86
Lungen-	M	286	12	32	13	17	21	191
Tomogramm v.d.	W	206	11	27	15	23	13	117
Lungen-	M	159	6	15	6	8	9	115
Tomogramm seitl.	W	91	7	14	7	13	3	47
Sternum-Tomo-	M	8	-	-	1	-	-	7
gramm	W	3	2	-	-	-	-	1
Mediastimun-	M	2	-	-	-	1	-	1
Tomogr.	W	3	-	2	-	-	-	1

Tabelle 3. (Fortsetzung)

Untersuchungsart bzw. Organ		Gesamt- zahl	Altersgruppen					
			14-20	21-30	31-35	36-40	41-45	üb. 45
Tracheaserie	M	71	4	11	6	9	2	39
	W	166	5	17	18	25	10	91
Herz- Kymogramm	M	101	11	21	7	8	5	49
	W	138	15	29	13	11	12	58
Ösophagus	M	101	7	8	5	8	6	67
	W	114	10	11	6	7	9	71
Magen-Darm	M	575	14	73	50	46	47	345
	W	618	23	71	43	58	67	356
Dickdarm- Einlauf	M	119	2	9	6	11	7	84
	W	175	5	20	14	12	14	110
Frakt.	M	5	-	-	-	2	1	2
Dünndarm	W	16	-	-	1	2	1	12
Duodenal-Sonde	M	3	-	-	-	2	-	1
	W	14	3	1	1	-	2	7
Abdomen- Übersicht	M	126	11	16	9	6	7	77
	W	127	4	21	6	7	10	79
Retropneumo- peritoneum	M	5	-	1	-	1	2	1
	W	5	2	-	1	-	-	2
Pyelogr. i. v. + retr.	M	95	7	13	4	8	8	55
	W	194	18	35	16	20	25	80
Pyelo-Tomogr. v. d.	M	13	2	1	1	1	-	8
	W	16	2	1	1	4	3	5
Cholezysto- graphie	M	166	4	15	21	7	22	97
	W	378	13	56	37	38	29	205
Cholezyst.- Tomo. d. v.	M	9	-	-	2	-	-	7
	W	31	-	1	2	1	1	26
Becken oder Hüftgelenk	M	115	2	9	5	2	3	94
	W	188	7	11	13	10	18	129

Tabelle 3 (Fortsetzung)

Untersuchungsart bzw. Organ		Gesamt- zahl	Altersgruppen					
			14-20	21-30	31-35	36-40	41-45	üb. 45
LWS in 2 Ebenen	M	256	13	28	24	14	18	159
	W	432	17	47	24	44	36	264
LWS-Tomo- gramm	M	15	3	1	1	-	-	10
	W	22	4	3	2	-	-	13
BWS in 2 Ebenen	M	161	8	19	23	7	11	93
	W	310	18	23	22	27	18	202
BWS-Tomo- gramm	M	15	2	2	2	-	1	8
	W	11	-	1	2	-	-	8
HWS in 2 Ebenen	M	197	6	18	17	18	14	124
	W	319	15	24	18	38	21	203
HWS- Tomogramm	M	13	2	-	3	-	1	7
	W	7	1	-	-	-	1	5
Schädel in 2 Ebenen	M	157	10	23	14	8	9	93
	W	177	19	28	8	10	14	98
Sella	M	30	9	6	3	-	1	11
	W	55	10	7	11	7	3	17
Sella- Tomogramm	M	4	-	-	1	-	1	2
	W	4	1	2	1	-	-	-
Ohr beide Seiten	M	14	2	1	1	3	2	5
	W	20	1	4	3	5	1	6
Ohr- Tomogramm	M	47	9	6	4	4	5	19
	W	29	6	6	2	4	2	9
Nasenneben- höhlen	M	206	20	44	15	18	14	95
	W	392	39	83	37	34	26	173
Nasennebenhöhlen Tomogramm	M	22	3	2	-	1	-	16
	W	34	6	4	3	5	3	13
Schulter oder Oberarm	M	79	3	2	1	2	6	65
	W	98	4	3	3	7	7	74

Tabelle 3 (Fortsetzung)

Untersuchungsart bzw. Organ		Gesamt- zahl	Altersgruppen					
			14-20	21-30	31-35	36-40	41-45	üb. 45
Ellenbogen,	M	13	1	2	1	-	4	5
Unterarm	W	23	1	3	2	-	5	12
Hand,	M	32	3	5	3	1	3	17
Handgelenk	W	62	6	3	5	4	6	38
Oberschenkel	M	53	3	3	-	5	4	38
	W	30	-	1	2	-	12	15
Knie,	M	76	1	8	3	2	2	60
Unterschenkel	W	136	11	8	4	10	9	94
Sprunggelenk,	M	29	3	4	1	2	1	18
Fuß	W	45	4	4	3	1	5	28
Zahnstatus	M	107	6	19	9	12	10	51
vollständig	W	225	23	42	25	28	24	83

Tabelle 4: Anteil der Röntgen-Schichtuntersuchungen in den einzelnen Untersuchungsgruppen.

Untersuchungs- gruppen	Gesamtzahl der Untersuchungen	Röntgen-Schichtuntersuchungen und ihre prozentualen Anteile	
Thorax	10 763	Lungen-Tomogramm	6,9
Abdomen	2 690	Retropneumoperitoneum- Tomogramm	0,3
		Pyelo-Tomogramm	1,0
		Cholezyst.-Tomogramm	1,4
LWS	725	LWS-Tomogramm	5,1
BWS	497	BWS-Tomogramm	5,2
HWS	536	HWS-Tomogramm	3,7
Schädel	1 191	Sella-Tomogramm	0,7
		Ohr-Tomogramm	6,3
		Nasennebenhöhlen- Tomogramm	4,7
Gesamt	16 402		3,5 %

2. Meßverfahren und Meßergebnisse

Die Bestimmung der die Gonaden treffenden Strahlendosis bei Schichtaufnahmen erfolgte durch direkte Messung an Patienten, und zwar bei Männern dicht neben dem Hoden im Schritt und bei Frauen im hinteren Scheidengewölbe. Der Meßort bei Männern kann ohne weiteres den Gonaden gleichgesetzt werden. Bei Frauen erhebt sich jedoch die Frage, ob die Dosis im hinteren Scheidengewölbe der Dosis am Ovar gleichzusetzen ist. Nach Angaben von MacGregor (25) besteht bei der Salpinographie zwischen der Dosis im hinteren Scheidengewölbe und der am Ovar im Mittel ein Verhältnis von 1 : 1,4; aber dieses dürfte mit den individuellen anatomischen Verhältnissen variieren und sich vor allem bei anderen Aufnahmearten ändern. Auf jeden Fall kann man aber annehmen, daß die Vaginaldosis in der gleichen Größenordnung liegt wie an den Ovarien.

Als Meßinstrumente diente das bei Bunde (8) näher beschriebene Kondiometer der Physikalisch-technischen Werkstätten Freiburg, das unmittelbar auf dem Prinzip der Ionisationsmessung beruht. Es besteht aus 2 Teilen: dem Grundgerät und den Ionisationskammern verschiedenster Empfindlichkeit. Das Grundgerät enthält die Ladevorrichtung für die Meßkammern und das Elektrometer, mit dem die Ladung der Kammer nach ihrer Bestrahlung bestimmt wird. Die Ionisationskammern sind kugel- oder zylinderförmig, sowohl Wände als Innenelektrode bestehen aus sog. Luftäquivalentem Material, wodurch eine relativ geringe Abhängigkeit der Empfindlichkeit von der Strahlenqualität erreicht wird (siehe unten!).

Die Besonderheit des Kondiometers liegt darin, daß die Ionisationskammer während ihrer Bestrahlung völlig vom Meßinstrument getrennt ist und dadurch eine unbegrenzte Beweglichkeit besitzt. Die dazugehörigen sog. Kondensatorkammern werden zunächst am Grundgerät auf eine bestimmte Spannung aufgeladen, dann an einem beliebigen Ort der Bestrahlung ausgesetzt und dadurch mehr oder weniger entladen. Danach wird die Restspannung gemessen, und zwar nach einer Nullmethode. Sie besteht in folgendem: Vor der Messung wird der Lichtzeiger des Elektrometers genau auf Null justiert. Der Ausschlag, den er dann beim Aufsetzen der bestrahlten Kammer zeigt, wird nicht abgelesen, sondern er wird mittels einer Kompensationsanordnung auf Null zurückgebracht. Diese Anordnung wird von einer Gleichspannungsquelle, einem sog. Influenzierungskondensator, und einem Potentiometer gebildet, und mit ihrer Hilfe wird bei der Messung durch Influenz auf die Innenelektrode genau so viel Ladung zurückgebracht, wie vorher durch die Bestrahlung neutralisiert worden war. Da die Kapazität des Kondensators konstant ist, ist diese Ladung genau proportional der Endspannung am Kondensator, sie wird mit einem Spannungsmesser gemessen.

Nullmethoden sind stets genauer als Ausschlagmethoden, da die Meßbedingungen vor und bei der Messung exakt dieselben sind. Die Reproduzierbarkeit der Meßer-

gebnisse geht beim Kondiometer bis zu einer Genauigkeit von etwa $\pm 1\%$.

Auf Grund der Vielfältigkeit der anzuschließenden Meßkammern gibt das Gerät zunächst das Meßergebnis nur in willkürlichen Einheiten an. Damit man die gemessene Dosis in internationalen Röntgeneinheiten angeben kann, muß es mit jeder Meßkammer geeicht werden. Dies geschieht durch Vergleich mit der Anzeige eines Standardmeßgerätes. Dazu diente in diesem Fall ein "Küstnersches Eichstandgerät", das seinerzeit (1955) an der Primärstandardanlage der Physikalisch-technischen Bundesanstalt angeschlossen war. Da alle Kleinkammern infolge der schwächenden Wirkung und der nicht exakten Luftäquivalenz ihrer Wände bzw. infolge ungenügender Größe eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Wellenlängenabhängigkeit haben, muß die Eichung bei verschiedenen Strahlenqualitäten vorgenommen werden.

Bei den vorliegenden Untersuchungen wurden zylindrische Spezialmeßkammern von 33 mm Durchmesser und 90 mm Länge verwendet. Ihre Empfindlichkeit beträgt je nach Ladespannung - sie ist in 3 Stufen wählbar - 0,12 - 0,35 mr pro Skalenteil bei 720 mm Hg und 20° Temperatur. Die Eichung zeigte, daß sie in dem zur Schichtuntersuchung verwendeten Spannungsbereich eine Wellenlängenabhängigkeit von nur $\pm 3\%$ besitzen. Dies war für die vorliegenden Untersuchungen deshalb von großer Bedeutung, weil die meisten Messungen nur Streustrahlen erfaßten, bei denen die Strahlenqualität für Meßkammern mit großer Wellenlängenabhängigkeit nicht genau genug angegeben werden kann. Aus diesem Grunde wurde von der Verwendung der noch empfindlicheren Argonkammern abgesehen, die zunächst für die Messung sehr kleiner Dosen vorgesehen waren, jedoch eine ziemlich große Wellenlängenabhängigkeit besitzen.

Die angegebene Meßgenauigkeit gilt natürlich nur ab einer gewissen Größe des Ausschlages am Meßinstrument (etwa ab 20 Skalenteile). Aus diesem Grunde wurde bei allen Untersuchungen, bei denen mit geringen Dosiswerten zu rechnen war, die Dosis für die Gesamtuntersuchung bestimmt, und nicht für die einzelne Aufnahme, es sei denn, es handelte sich um Untersuchungen, bei denen bereits eine Aufnahme eine verhältnismäßig hohe Dosis ergab (z.B. LWS). Dabei war es gleichgültig, ob während der Untersuchung Korrekturen der Aufnahmespannung und der Lagerung des Patienten vorgenommen wurden, oder sogar die Untersuchungsrichtung (sagittal oder frontal) geändert wurde.

Trotzdem lagen die Meßergebnisse bei verschiedenen Aufnahmearten (Lunge, Schädel) häufig unter 10 Skalenteilen. Dazu ist aber zu sagen, daß in diesem Fall die Fehlanzeige immer in Richtung zu hoher Werte geht, so daß die hierbei ermittelten Dosen auf jeden Fall nicht niedriger sind als die tatsächlich verabfolgten.

Meßergebnisse

In den folgenden Tabellen sind die Meßergebnisse zusammengestellt.

Tabelle 5: Messungen der Gonadendosis bei Röntgen-Schichtuntersuchungen am Institut für Physikalische Therapie und Röntgenologie der Universität München 1958/59.

Spalten:

- 1 Untersuchungsart und Bemerkungen.
- 2 Geschlecht der untersuchten Personen.
- 3 Abstand vom Zentralstrahl zur Symphyse.
- 4 Spannung in KV.
- 5 Zahl der Exposition.
- 6 Dosis an den Gonaden pro Untersuchung in mr.
- 7 Dosis an den Gonaden pro Aufnahme in mr.

Abkürzungen:

U = Untersuchung, A = Aufnahme, M = Männer, W = Frauen.

1 Untersuchung	2	3	4 KV	5	6 mr/U	7 mr/A
Lungen-Spitze	M	56 cm	60	12	0,48	0,040
	M	51 cm	61	14	0,36	0,025
	M	59 cm	60	12	0,12	0,010
	M	48 cm	58-65	8	0,48	0,060
	M	56 cm	65	12	0,01	0,001
	M	46 cm	60	12	0,12	0,010
	M	56 cm	55	13	0,01	0,001
	M	52 cm	60-65	8	0,01	0,001
	M	55 cm	65	12	0,66	0,055
	M	54 cm	60	12	0,12	0,010
	M	50 cm	60	8	0,24	0,030
	M	60 cm	60	20	0,18	0,009
	M	60 cm	65	8	0,36	0,045
	M	56 cm	62-68	8	0,24	0,030
	M	54 cm	65	8	0,24	0,030
	M	64 cm	60	8	0,36	0,045
	M	60 cm	58	12	0,36	0,030

Tabelle 5 (Fortsetzung)

1 Untersuchung	2	3	4 KV	5	6 mr/U	7 mr/A
Lungen-Spitze	M	51 cm	57	12	0,42	0,035
	M	50 cm	57	8	0,18	0,022
	M	62 cm	60	8	0,24	0,030
	M	61 cm	70	14	0,36	0,025
	M	57 cm	54	24	0,48	0,020
	M	62 cm	55	8	0,42	0,052
	M	57 cm	70	4	0,96	0,240
	M	57 cm	57	20	0,72	0,036
	M	60 cm	66	8	0,24	0,030
	M	61 cm	60	8	0,36	0,045
	M	57 cm	64	12	0,36	0,030
	M	56 cm	63	16	0,30	0,019
	M	56 cm	60	8	0,13	0,015
	M	59 cm	64	8	0,66	0,082
	M	60 cm	63	8	0,60	0,075
	M	55 cm	66	14	0,60	0,042
	M	57 cm	54	10	0,01	0,001
	M	52 cm	56	8	0,36	0,045
	M	45 cm	63	14	0,24	0,017
	W	54 cm	60-70	12	1,92	0,160
	W	54 cm	60-70	6	0,84	0,140
	W	55 cm	60	16	0,01	0,001
Gesamt	M	45-62 cm	54-70	399	0,01-0,96	0,001-0,24
	W	54-55 cm	60-70	34	0,01-1,92	0,001-0,16
Lungen-Spitze	M	46 cm	86	2	1,32	0,165
a. p. + seidl.	M	56 cm	62	6		
Lungen-Oberfeld	M	46 cm	88	3	2,40	0,218
a. p. + seidl.	M	46 cm	70	2		
	M	49 cm	70	2		
	M	49 cm	70	4	0,12	0,009
	W	56 cm	56	12		
	W	56 cm	70	1		

Tabelle 5 (Fortsetzung)

1 Untersuchung	2	3	4 KV	5	6 mr/U	7 mr/A
Lungen-Oberfeld	W	56 cm	56	6	0,12	0,017
a. p. + seitl.	W	48 cm	75	1		
a. p.	M	50 cm	57	12	0,48	0,040
Gesamt	M	46-56 cm	57-88	31	0,48-2,40	0,040-0,218
	W	48-56 cm	56-75	20	0,12	0,009-0,017
Lungen-Mitte	M	45 cm	70	4	2,34	0,585
seitl.	M	40 cm	84	2	6,84	3,420
a. p.	M	49 cm	55	8	0,36	0,045
Gesamt	M	40-49 cm	55-84	14	0,36-6,84	0,045-3,42
Lungen-Unterfeld	W	44 cm	80	4		
a. p. + seitl.	W	42 cm	65	6	0,24	0,024
	M	52 cm	80	3		
	M	57 cm	65	2	0,66	0,132
	M	52 cm	70	1		
	M	50 cm	66	4	0,96	0,192
	M	26 cm	53	3		
	M	22 cm	60	4	3,78	0,540
	M	41 cm	60	3		
	M	38 cm	53	4	3,36	0,480
	M	53 cm	80	4		
	M	56 cm	75	6	1,56	0,156
	M	46 cm	70	3		
	M	36 cm	62	4	1,56	0,222
	M	38 cm	75	3		
	M	29 cm	65	3	1,80	0,128
	M	29 cm	56	8		
	M	40 cm	58	3		
	M	42 cm	56	4	2,22	0,317
	M	49 cm	77	3		
	M	48 cm	60	2	1,02	0,204

Tabelle 5 (Fortsetzung)

1 Untersuchung	2	3	4 KV	5	6 mr/U	7 mr/A
Lungen-Unterfeld a. p. + seitl.	M	48 cm	72	2	1,98	0,330
	M	44 cm	60	4		
	M	51 cm	65	4	1,32	0,165
	M	38 cm	60	4		
Gesamt	M	22-57 cm	53-80	31	0,66-3,78	0,128-0,48
	W	42-44 cm	65-80	10	0,24	0,024
Lungen-Hilus a. p.	M	56 cm	60	8	0,24	0,030
	M	57 cm	60-65	3	0,12	0,040
	M	33 cm	75	8	3,84	0,480
	M	47 cm	78	4	2,82	0,705
	M	56 cm	70	5	0,96	0,192
	M	45 cm	62	4	0,18	0,045
	M	50 cm	60	8	0,42	0,525
Gesamt	M	33-57 cm	60-78	45	0,12-3,84	0,030-0,705
Lungen-Hilus seitl.	M	46 cm	85	1	1,08	1,080
	M	45 cm	70	4	2,34	0,568
	M	56 cm	80	2	0,40	0,200
	M	50 cm	75	3	5,04	1,680
	M	50 cm	85	16	0,36	0,022
	M	46 cm	93	2	0,48	0,240
	M	46 cm	93	2	0,36	0,180
	M	50 cm	82	16	0,36	0,022
	M	60 cm	83	5	0,72	0,144
Gesamt	M	45-60 cm	70-93	51	0,36-5,04	0,022-1,68

Tabelle 5 (Fortsetzung)

1 Untersuchung	2	3	4 KV	5	6 mr/U	7 mr/A
Lungen-Hilus a. p. + seidl.	M	57 cm	80-90	7	3,12	0,445
	M	47 cm	85	4	2,46	0,615
	M	47 cm	78	4	2,52	0,630
	M	46 cm	80	2	1,68	0,210
	M	48 cm	65	6		
	M	53 cm	84	3	0,60	0,085
	M	47 cm	65	4		
	M	43 cm	64	3	1,85	0,150
	M	43 cm	60	10		
	M	38 cm	62	3		
	M	38 cm	60	3	2,16	0,180
	M	38 cm	65	6		
	M	49 cm	54	8		
	M	45 cm	62	2	1,50	0,093
	M	42 cm	60	6		
Gesamt	M	38-57 cm	54-90	71	0,60-3,12	0,085-0,63
Sternum	M	37 cm	58	3	0,66	0,220
	M	48 cm	64	4	0,30	0,075
	M	40 cm	64	5	0,54	0,108
	M	52 cm	56	3	0,24	0,080
	M	60 cm	66	5	0,48	0,096
	M	49 cm	58	3	0,24	0,080
	M	40 cm	65	5	0,60	0,120
Gesamt	M	37-60 cm	56-66	28	0,24-0,66	0,075-0,22
Trachea	M	54 cm	84	8	5,52	0,690
	M	63 cm	80	8	0,72	0,090
Gesamt	M	54-63 cm	80-84	16	0,72-5,52	0,090-0,69

Tabelle 5 (Fortsetzung)

1 Untersuchung	2	3	4 KV	5	6 mr/U	7 mr/A
Retropneumo- peritoneum	M		85	2	1,32	0,660
	M		86	2	4,20	2,100
Gesamt	M		85-86	4	1,32-4,20	0,660-2,10
Pyelo-Tomogr.	M	31-40 cm	72	4	5,97	1,492
	M	34 cm	83	5	14,35	2,870
	M	30 cm	62	5	2,32	0,465
	M	27 cm	73	2	6,35	3,175
	M	31 cm	71	3	2,80	0,933
	M	40 cm	78	4	2,99	0,747
	W	25 cm	66	5	2,85	0,570
	W	24 cm	66	8	3,19	0,398
Gesamt	M	27-40 cm	62-83	23	2,32-14,35	0,465-3,175
	W	24-25 cm	66	13	2,85-3,19	0,398-0,570
Cholezyst.-Tomo.	M	40 cm	68	4	1,22	0,305
	M	58 cm	84	4	2,99	0,747
	M	27 cm	75	4	0,12	0,030
	M	30 cm	74	5	0,79	0,158
	M	42 cm	78	8	3,42	0,427
	M	40 cm	68	4	1,20	0,300
	M	58 cm	84	4	2,94	0,735
	M	40 cm	72	6	1,32	0,220
	M	27 cm	75	5	0,12	0,024
	M	30 cm	74	5	0,78	0,156
	M	42 cm	79	7	3,36	0,480
	W	22 cm	82	2	1,56	0,780
	W	24 cm	75	5	1,32	0,264
	W	40 cm	73	6	1,34	0,223
	W	22 cm	82	2	1,59	0,795
	W	24 cm	75	5	1,34	0,268
Gesamt	M	27-58 cm	68-84	56	0,12-3,42	0,024-0,747
	W	22-40 cm	73-82	20	1,32-1,59	0,223-0,795

1	2	3	4	5	6	7
Untersuchung			KV		mr/U	mr/A
LWS-Tomogr. a. p.	M	33 cm	86	6	2,75	0,458
	M	36 cm	87	2	3,77	1,885
	M	36 cm	85	2	0,86	0,430
	M	38 cm	85	2	6,25	3,125
	M	36 cm	84	2	0,865	0,432
	M	36 cm	87	2	3,72	1,860
	M	33 cm	86	6	2,75	0,458
	M	31 cm	79	5	8,85	1,770
	M	38 cm	85	2	6,35	3,175
	M	33 cm	90	4	2,04	0,510
	M	36 cm	87	2	3,66	1,830
	M	36 cm	87	2	0,84	0,420
	M	38 cm	85	2	6,24	3,120
	W	24 cm	75	4	14,95	3,762
	W	31 cm	80	5	8,97	1,794
	W	28 cm	78	4	4,39	1,097
	W	31 cm	79	5	8,85	1,770
seitlich	M	33 cm	90	4	2,04	0,510
	M	36 cm	97	3	4,68	1,560
	M	23 cm	98	3	16,22	5,406
	M	36 cm	97	3	4,76	1,586
	M	33 cm	90	4	2,08	0,520
	M	25 cm	90	2	8,33	4,165
	M	31 cm	90	4	8,14	2,070
	M	23 cm	98	3	16,25	5,420
	M	13 cm	97	14	39,10	2,785
	M	25 cm	90	2	12,58	6,290
	W	24 cm	87	4	12,10	3,025
	W	31 cm	90	4	8,24	2,060
	W	12 cm	90	1	58,60	58,600
	W	28 cm	94	4	16,72	4,180
	W	24 cm	86	4	12,20	3,050
	W	28 cm	94	4	16,44	4,110
	W	23 cm	98	3	15,96	5,320

Tabelle 5 (Fortsetzung)

1 Untersuchung	2	3	4 KV	5	6 mr/U	7 mr/A
LWS-Tomogramm	M	39 cm	80	5		
a. p. + seitr.	M	39 cm	65	6	8,04	0,730
	M	33 cm	86	6	2,70	0,450
	M	39 cm	80	6	5,51	0,918
	M	39 cm	72	11	8,17	0,742
	W	29 cm	80	11	35,20	3,200
	W	29 cm	79	11	34,50	3,136
Gesamt	M	13-39 cm	65-98	115	0,84-39,10	0,420-6,29
	W	12-31 cm	75-98	64	4,39-58,60	1,097-58,60
BWS-Tomogr. a. p.	M	40 cm	86	4	0,92	0,230
	M	62 cm	58	4	0,01	0,002
	M	53 cm	87	8	19,80	2,475
	M	46 cm	60	4	1,86	0,465
	M	57 cm	68	6	3,48	0,580
	W	28 cm	78	4	4,32	1,080
seitlich	M	35 cm	90	3	0,72	0,240
	M	50 cm	90	3	1,32	0,440
	M	46 cm	75	7	1,74	0,248
	M	45 cm	75	4	1,14	0,285
a. p. + seitlich	M	40 cm	63	4		
	M	40 cm	70	3	0,48	0,068
	M	53 cm	63	3		
	M	53 cm	78	3	0,30	0,050
Gesamt	M	35-62 cm	58-90	56	0,01-19,80	0,002-2,475
	W	28 cm	78	4	4,32	1,080

Tabelle 5 (Fortsetzung)

1 Untersuchung	2	3	4 KV	5	6 mr/U	7 mr/A
Sella seitlich	M	60 cm	57	12	2,28	0,190
	M	80 cm	70	8	0,48	0,060
	M	50 cm	60	8	0,06	0,007
	M	81 cm	75	8	2,64	0,330
a. p. + seitlich	M	56 cm	62	16	9,12	0,570
	M	61 cm	69	5	1,04	0,208
Gesamt	M	50-81 cm	57-75	57	0,06-9,12	0,007-0,57
Ohr-Tomogramm	M	77 cm	75	28	0,85	0,030
	M	80 cm	78	32	0,49	0,015
	M	85 cm	90	24	0,85	0,035
	M	74 cm	75	12	0,37	0,030
	M	48 cm	63	12	0,30	0,025
	M	42 cm	68	8	0,98	0,122
	M	71 cm	74	8	0,01	0,001
	M	30 cm	64	8	0,06	0,008
	M	82 cm	78	24	0,30	0,012
	M	62 cm	78	24	0,85	0,035
	M	80 cm	70	8	0,49	0,061
	M	75 cm	72	32	1,59	0,050
	M	88 cm	78	20	0,92	0,046
	M	83 cm	76	16	0,43	0,028
	M	74 cm	78	20	0,98	0,049
	M	80 cm	80	24	0,24	0,010
Gesamt	M	30-88 cm	63-90	302	0,01-1,59	0,001-0,122
Nasennebenhöhlen	M	76 cm	68	16	2,23	0,025
	M	75 cm	70	4	6,22	1,555
	M	77 cm	72	4	5,98	1,495
	M	81 cm	75	8	2,69	0,338
	M	65 cm	72	4	0,37	0,092
	M	75 cm	72	4	0,06	0,015
	M	75 cm	75	8	12,55	1,568

Tabelle 5. (Fortsetzung)

1 Untersuchung	2	3	4 KV	5	6 mr/U	7 mr/A
Nasennebenhöhlen	M	79 cm	71	5	5,07	1,014
	M	72 cm	72	4	0,01	0,002
	M	79 cm	78	4	5,73	1,432
	M	72 cm	70	4	0,01	0,002
	M	40 cm	58	12	0,73	0,060
	M	75 cm	68	4	0,12	0,030
	M	58 cm	75	16	0,24	0,015
	M	68 cm	57	8	0,93	0,116
	M	71 cm	72	4	0,24	0,060
	M	65 cm	72	4	0,01	0,002
	M	86 cm	68	5	0,30	0,060
	M	81 cm	68	7	9,40	1,342
	M	60 cm	56	12	2,32	0,193
	M	81 cm	70	7	9,24	1,320
	M	86 cm	69	5	3,00	0,600
	M	79 cm	78	4	5,76	1,440
	M	69 cm	61	5	9,20	1,840
	M	75 cm	72	8	12,36	1,545
	W	70 cm	70	4	0,24	0,060
	W	70 cm	58	24	9,90	0,412
Gesamt	M	40-86 cm	56-78	168	0,01-12,55	0,002-1,840
	W	70 cm	58-70	28	0,24-9,90	0,060-0,412
Schulter a. p.	M	59 cm	56	5	1,68	0,336
Kniegelenk seitlich	M	33 cm	59	2	1,56	0,780

Tabelle 6: Dosen an den Gonaden bei Röntgen-Schichtuntersuchungen am Institut für Physikalische Therapie und Röntgenologie der Universität München 1958/59.

Spalten:

- 1 Untersuchungsart und Bemerkungen.
- 2 Geschlecht der untersuchten Personen.
- 3 Zahl der Messungen.
- 4 Abstand vom Zentralstrahl zur Symphyse.
- 5 Spannung in KV.
- 6 Dosis an den Gonaden pro Untersuchung in mr, in Klammern gemessene Höchst- und Mindestwerte.
- 7 Dosis an den Gonaden pro Aufnahme in mr, in Klammern gemessene Höchst- und Mindestwerte.

Abkürzungen:

U = Untersuchung, A = Aufnahme, M = Männer, W = Frauen.

TABELLE 6

1 Untersuchung	2	3	4	5 KV	6 mr/U	7 mr/A
Lungen-Spitze	M	36	45-62 cm	54-70	0,315 (0,01- 0,96)	0,036 (0,001- 0,240)
	W	3	54-55 cm	60-70	0,923 (0,01- 1,92)	0,089 (0,001- 0,160)
Lungen-Oberfeld	M	3	46-56 cm	57-88	1,400 (0,48- 2,40)	0,141 (0,040- 0,218)
	W	2	48-56 cm	56-75	0,120	0,013 (0,009- 0,017)
Lungen-Mitte	M	3	40-49 cm	55-84	3,180 (0,36- 6,84)	1,017 (0,045- 3,420)
Lungen-Unterfeld	M	11	22-57 cm	53-80	1,838 (0,66- 3,78)	0,260 (0,128- 0,480)
	W	1	42-44 cm	65-80	0,240	0,024
Lungen-Hilus	M	24	33-60 cm	54-93	1,480 (0,12- 5,04)	0,357 (0,022- 1,680)
Sternum	M	7	37-60 cm	56-66	0,437 (0,24- 0,66)	0,111 (0,075- 0,220)
Thorax-Gesamt	M	84	22-62 cm	53-93	1,441 (0,01- 6,84)	0,320 (0,001- 3,420)
	W	6	42-56 cm	56-80	0,427 (0,01- 1,92)	0,046 (0,001- 0,160)
Trachea	M	2	54-63 cm	80-84	3,120 (0,72- 5,52)	0,390 (0,090- 0,690)
Retropneumo- peritoneum	M	2		85-86	2,760 (1,32- 4,20)	1,380 (0,660- 2,100)
Pyelo-Tomogramm	M	6	27-40 cm	62-83	5,796 (2,32-14,35)	1,613 (0,465- 3,175)
	W	2	24-25 cm	66	3,020 (2,85- 3,19)	0,484 (0,398- 0,570)
Cholezyst.-Tomogr.	M	11	27-58 cm	68-84	1,660 (0,12- 3,42)	0,325 (0,024- 0,747)
	W	5	22-40 cm	73-82	1,430 (1,32- 1,59)	0,466 (0,223- 0,795)
Abdomen-Gesamt	M	19	27-58 cm	62-86	3,405 (0,12-14,35)	1,102 (0,024- 3,175)
	W	7	22-40 cm	66-82	2,275 (1,32- 3,19)	0,475 (0,223- 0,795)
LWS	M	27	13-39 cm	65-98	6,946 (0,84-39,10)	1,208 (0,420- 6,290)
	W	13	12-31 cm	75-98	19,010 (4,39-58,60)	7,316 (1,097-58,600)
BWS	M	11	35-62 cm	58-90	2,888 (0,01-19,80)	4,620 (0,002- 2,475)
	W	1	28 cm	78	4,320	1,080
Schulter	M	1	59 cm	56	1,680	0,336
Kniegelenk	M	1	33 cm	59	1,560	0,780
WS + Extremität.	M	40	13-59 cm	56-98	3,518 (0,01-39,10)	1,761 (0,002- 6,290)
	W	14	12-31 cm	75-98	16,665 (4,32-58,60)	4,198 (1,080-58,600)
Sella	M	6	50-81 cm	57-75	2,603 (0,06- 9,12)	0,227 (0,007- 0,570)
Ohr	M	16	30-88 cm	63-90	0,606 (0,01- 1,59)	0,035 (0,001- 0,122)
Nasennebenhöhlen	M	25	40-86 cm	56-78	3,790 (0,01-12,55)	0,665 (0,002- 1,840)
	W	2	70 cm	58-70	5,070 (0,24- 9,90)	0,236 (0,060- 0,412)
Schädel-Gesamt	M	47	30-88 cm	56-90	2,333 (0,01-12,55)	0,309 (0,001- 1,840)
	W	2	70 cm	58-70	5,070 (0,24- 9,90)	0,236 (0,060- 0,412)

V. BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

1. Wie Tabelle 4 zeigt, ist der Anteil der Schichtaufnahmen an der Gesamtzahl der röntgenologischen Untersuchungen verhältnismäßig gering. Er beträgt je nach Körperregion zwischen 0,3 und 6,9 % und liegt im Mittel bei 3,5 %. Da diese Zahlen aus einem Röntgeninstitut mit vorwiegend klinischer Tätigkeit stammen, an dem zudem noch ambulante Schichtuntersuchungen als Spezialverfahren für andere Stellen durchgeführt werden, die die Standardaufnahmen zur Untersuchung mitliefern, dürfte im allgemeinen der prozentuale Anteil der Schichtuntersuchungen noch geringer sein.

Tabelle 7: Vergleich von Gonadendosen bei Schichtuntersuchungen mit Standardaufnahmen.

Aufnahmeart		Schichtuntersuchung		Übersichtsaufnahmen (nach Seelentag u. Mitarb.)	
		mr/A	mr/U	mr/A	mr/U
Lunge	M	0,320	1,441	0,04	0,04
	W	0,046	0,427	0,06	0,06
Abdomen + Niere	M	1,102	3,405	65,00	65,00
	W	0,475	2,275	48,00	48,00
Gallenblase	M	0,325	1,660	9,40	-
	W	0,466	1,430	44,00	-
Wirbelsäule	M	1,761	3,518	-	62,00
	W	4,198	16,665	-	130,00
Schädel	M	0,309	2,333	-	1,10
	W	0,236	5,070	-	1,70

Abkürzungen:

A = Aufnahme, U = Untersuchung, M = Männer, W = Frauen.

2. Vergleicht man die an 221 Untersuchungen gewonnenen Gonadendosen bei Tomogrammen pro Aufnahme mit den in der Literatur angegebenen Dosen für die entsprechenden Standardaufnahmen - hier wurden die Messungen von Seelentag und Mitarb. (32) herangezogen, da sie am gleichen Institut durchgeführt wurden und somit rein technisch am besten vergleichbar sind - so ergibt sich, daß die Schichtaufnahme mit Ausnahme nur einer einzigen Aufnahmeart eine geringere

Gonadendosis ergibt, obwohl die Schichtaufnahme nach Stieve (40) u. a. eine um etwa $\frac{1}{3}$ höhere Aufnahmedosis erfordert. Dies beruht vor allem auf der verschiedenen Größe des Aufnahmefeldes, das bei Schichtaufnahmen fast immer kleiner ist, womit auch der Feldrand weiter von den Gonaden entfernt ist. Diese Einflüsse sollen später noch diskutiert werden. Lediglich bei der Lungenschichtaufnahme ist die Dosis an den Gonaden trotz des kleineren Feldes beträchtlich höher als bei Standardaufnahmen, weil die Angaben von Seelentag sich auf Lungenstandardaufnahmen ohne Verwendung eines Streustrahlenrasters beziehen, während die Lungenschichtaufnahmen ausnahmslos mit einem eine höhere Aufnahmedosis erfordernden Hartstrahlraster angefertigt wurden.

Ein Vergleich der Untersuchungen am Schädel unter Zugrundelegung der Gesamtmessungen bedeutet insofern einen Fehler, als bei einer Reihe von Messungen die Gonadendosis deshalb sehr hoch ist, weil eine Direktstrahlung außerhalb des ausgeblendeten Einfallsfeldes zur Wirkung kam. Es war nämlich aufgefallen, daß die Dosis bei Nebenhöhlentomogrammen unverhältnismäßig viel höher war als bei Tomogrammen des Ohres. Da die letzteren zur Ausschaltung der die Bildgüte ungünstig beeinflussenden Stielstrahlung mit einer zusätzlichen Bleiblende am Strahlenaustrittsfenster durchgeführt wurden, die bei dem erforderlichen größeren Aufnahmefeld für Nebenhöhlenuntersuchungen nicht benutzt werden konnte, war es naheliegend, eine ungenügende Ausblendung des Nutzstrahlenbündels für die unbegründeten Dosisdifferenzen verantwortlich zu machen. Diese ungenügende Ausblendung wirkte sich deshalb vor allem bei Schädeluntersuchungen aus, weil die wenig geschwächte direkte Störstrahlung, nach der Mitte scharf begrenzt, nur in einem großen Winkel in verhältnismäßig weit vom wirklichen Feldrand entfernten Partien auf den Patienten auftraf. Bei den Aufnahmen am Schädel scheint der Gonadenabstand vom Feldrand etwa dieser Entfernung zu entsprechen. Nachdem die Gonaden bei den Aufnahmen am Schädel mit Bleigummi abgedeckt wurden und eine Bleiblende für das Format der Nasennebenhöhlenaufnahmen beschafft war, lagen die Gonadendosen auch bei diesen Untersuchungen in der Größenordnung der Gonadendosen bei Ohrtomogrammen. Dies zeigt Tabelle 8, in der Gonadendosen bei Nebenhöhlenuntersuchungen, mit und ohne zusätzliche röhrennahe Ausblendung, zusammengestellt sind.

Tabelle 8: Vergleich von Gonadendosen bei Schichtuntersuchungen der Nasennebenhöhlen mit und ohne zusätzlichen Gonadenschutz.

Untersuchung	mr/A ohne Schutz	mr/A mit Schutz
Nasennebenhöhlen-Tomogramme	1,555	0,015
	1,495	0,025
	1,568	0,092
	1,014	0,002
	1,432	0,060
	0,338	0,002
	1,342	0,193
	1,320	0,060
	0,116	0,015
	0,600	0,060
	1,440	0,060
	1,840	0,002
	1,545	0,030
	0,412	
Gesamtauswertung	1,144 (0,116-1,84)	0,048 (0,002-0,193)

3. Auf Grund von Messungen an Phantomen und Leichen (z. B. Klotz, Stieve, Oeser) sind eine Anzahl von technischen Faktoren bekannt, die bei Standardaufnahmen die Höhe der Gonadendosis mehr oder weniger stark beeinflussen: Abstand der Gonaden vom Feldrand, Lage des Patienten, d. h. Lage der Gonaden auf der röhrennahen oder röhrenfernen Seite des Patienten, Größe des Strahleneinfallsfeldes, Aufnahmespannung, Dicke des Untersuchungsobjektes, Vorfiltrierung usw. Es steht außer Zweifel, daß diese Beziehungen bei Schichtaufnahmen ebenfalls bestehen. Aus den vorliegenden Untersuchungen können sie aber nur in sehr begrenztem Umfang ermittelt werden, da alle Untersuchungen an lebenden Objekten im Gegensatz zu solchen an Phantomen oder Leichen unter ständig wechselnden Bedingungen in Bezug auf anatomische Verhältnisse, Strahlendurchlässigkeit des untersuchten Gewebes usw. ausgeführt werden. Um unter solchen Umständen zu einigermaßen statistisch verwertbaren Ergebnissen zu kommen, müßten die Meßreihen noch um ein Vielfaches größer sein als die vorliegenden. So läßt sich der Einfluß des Abstandes Feldrand - Gonaden nur in großen Zügen daran erkennen, daß die Gonadendosis vom Schädel zur Beckenregion ständig zunimmt. Die Lunge nimmt eine gewisse Sonderstellung ein, da sie wesentlich

strahlendurchlässiger ist als die übrigen Organe, so daß man aus dem Vergleich Lunge-Schädel auch den Einfluß der Aufnahmedosis auf die Gonadenbelastung ablesen kann; denn da die Entfernung der Gonaden vom Schädel größer ist als von der Lunge, müßte sonst die Dosis bei Lungenaufnahmen größer sein. Bei kleineren Änderungen des Abstandes Feldrand - Gonaden durch Unterschiede in der Körpergröße bei gleichen Aufnahmearten läßt sich eine diesbezügliche Beziehung zur Gonadendosis nur bei Aufnahmen in unmittelbarer Nähe der Gonaden (untere LWS) mit einiger Sicherheit erkennen. Unterschiede in der Gonadenbelastung zeigen sich auch zwischen Männern und Frauen, deutlich jedenfalls nur, wenn die Gonaden in der Nähe des Feldrandes liegen. Bei Aufnahmen, bei denen die Vorderseite des Patienten der Röhre zugekehrt ist (Rückenlage), ist die Belastung bei den Männern höher als bei Frauen, da im letzteren Falle die Strahlung durch das über den Gonaden liegende Körpergewebe schon eine beträchtliche Schwächung erfahren hat. Aus dem gleichen Grunde ist auch die Dosis bei Männern bei Bauchlagenaufnahmen niedriger als bei Aufnahmen in Rückenlage, während diese Lageänderung bei Frauen keinen Einfluß hat, da die Ovarien ziemlich genau in der Mitte des Sagittaldurchmessers des Abdomens liegen. Diese Feststellung läßt sich durch Vergleich von Gallenblasentomogrammen (Bauchlage) und Nierentomogrammen (Rückenlage) treffen, bei denen die übrigen Aufnahmebedingungen weitgehend ähnlich sind.

Eine Ausnahme im Verhältnis der Gonadendosen Männer - Frauen besteht bei der Lendenwirbelsäule. Hier liegen die weiblichen Gonaden häufig schon im Bereich des Strahleneinfallsfeldes und bekommen eine dementsprechend höhere Dosis als die männlichen Gonaden, die bei Schichtuntersuchungen der Lendenwirbelsäule so gut wie nicht im direkten Strahlengang liegen.

Tabelle 9: Die Strahlendosis an den Gonaden bei Schichtuntersuchungen.
(Vergleich mit Seelentag und Mitarb.)

Untersuchung		nach Seelentag u. Mitarb. mr/U	Eigene Messungen mr/U
Lunge	M	5,3 (0,74/A)	1,441 (0,320/A)
	W	-	0,427 (0,046/A)
Abdomen	M	14,0	3,405 (1,102/A)
	W	48,0	2,275 (0,853/A)
WS	M	71,0	4,917 (2,458/A)
	W	140,0	11,660 (4,198/A)
Schädel	M	12,0	2,333 (0,309/A)
	W	18,0	5,070 (0,236/A)

Abkürzungen:

M = Männer, W = Frauen, U = Untersuchung, A = Aufnahme.

4. Ein Vergleich der vorliegenden Messungen mit solchen an anderen Stellen ist außerordentlich schwierig, weil nur wenige Angaben im Schrifttum vorliegen, die zudem meist noch auf einer geringen Untersuchungszahl beruhen. Da aber nach dem oben Gesagten die individuellen Schwankungen sehr groß sind, ist deshalb große Zurückhaltung angezeigt, insbesondere dann, wenn die Angaben pro Untersuchung gemacht werden, da es ja keine allgemein feststehende Aufnahmezahl für Schichtuntersuchungen gibt. So bestehen z. T. auch größere Differenzen zwischen den Angaben Seelentags (9, 10) und den vorliegenden Ergebnissen. Jedoch betont der Autor selbst, daß er seinen Messungen nur orientierenden Charakter beimißt. Weitere Gründe für die Differenzen dürften darin zu suchen sein, daß er seine Messungen mit 15 mm Zylindermeßkammern durchführte, deren Empfindlichkeit etwa nur 1/10 bis 1/20 der hier verwendeten Kammern beträgt, so daß naturgemäß die Meßgenauigkeit bei kleinen Dosen wesentlich geringer ist und nach den Erörterungen über die Meßgenauigkeit des Kondiometers in diesem Fall die gemessenen Dosen zu hoch liegen. Auch bei den vorliegenden Untersuchungen sind die niedrigsten Dosisangaben aus den gleichen Gründen wahrscheinlich noch zu hoch. Ebenso können natürlich Unterschiede durch eine etwas geänderte Aufnahmetechnik, z. B. noch strenger gehandhabte Einblendung des Strahleneinfallsfeldes und weitere Maßnahmen zum Schutz der Gonaden, entstanden sein.

5. Will man zu der Frage Stellung nehmen, ob Schichtuntersuchungen einen nennenswerten Anteil an der Gonadenbelastung der Bevölkerung durch röntgendiagnostische Maßnahmen haben, so kann dies nicht durch Vergleich der Belastungen von Schichtuntersuchungen und Standarduntersuchungen pro Aufnahme gesehen, sondern nur durch Vergleich der Gesamtuntersuchungen, vor allem, was die Schichtuntersuchungen betrifft. Denn eine Schichtuntersuchung betrifft. Denn eine Schichtuntersuchung umfaßt immer eine gewisse Anzahl von Aufnahmen. Einen solchen Vergleich zeigt Tabelle 7. Daraus läßt sich ersehen, daß die Schichtuntersuchung meist eine deutlich höhere Belastung ergibt als eine Routineuntersuchung mit häufig nur einer Aufnahme. Eine Ausnahme bilden immer noch die Untersuchungen im Bereich des Abdomens, weil hier der Unterschied zwischen den Dosen pro Aufnahme zu Gunsten der Schichtaufnahme so groß ist, daß er auch durch die größere Anzahl der Aufnahmen bei einer Schichtuntersuchung - sofern die Aufnahmezahl nicht extrem hoch ist - nicht ausgeglichen wird.

Zieht man jedoch den Anteil der Schichtaufnahmen - von durchschnittlich 3,5 % - an den gesamten röntgendiagnostischen Maßnahmen in Betracht, so kann doch festgestellt werden, daß von einem größeren Einfluß der Schichtuntersuchungen auf die Gesamtbelastung der Bevölkerung durch die Röntgendiagnostik nicht die Rede sein kann und diese somit keine Gefährdung der Bevölkerung darstellen. Da zudem Schichtaufnahmen nur in den Fällen durchgeführt werden, in denen schwerere Erkrankungen vorliegen, überwiegt der Nutzen der Methode bei weitem ihre Gefährlichkeit.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

Mit den vorliegenden Untersuchungen sollte die Frage beantwortet werden, ob und inwieweit Röntgenschichtuntersuchungen eine Gefährdung für die Gesamtbevölkerung darstellen.

Die Einleitung bringt zunächst einen kurzen Abriß über die Problematik. Sodann wird das Wesen des Röntgenschichtverfahrens erläutert, und es werden diejenigen Verfahren näher beschrieben, die an Institut und Poliklinik für Physikalische Therapie und Röntgenologie der Universität München zur Anwendung kommen. Es sind dies im wesentlichen zwei Konstruktionen, bei denen sich Röhre und Film bei ruhendem Patienten bewegen. In dem einen Fall ist die Bewegung geradlinig, wobei der Abstand zwischen der Schichtebene und dem Film möglichst klein gehalten wird, im anderen Falle ist der Abstand Röhre - Schichtebene, Schichtebene - Film konstant, wobei der ruhende Patient je nach darzustellender Schichtebene der Röhre genähert oder von ihr entfernt wird. Bei dieser Konstruktion kann neben der geradlinigen Röhrenbewegung auch eine mehrdimensionale erfolgen.

Im folgenden Kapitel werden kurz die biologischen Wirkungen der ionisierenden Strahlen beschrieben.

Der experimentelle Teil umfaßt zunächst eine statistische Untersuchung über die Häufigkeit der einzelnen Untersuchungsverfahren. Dabei konnte festgestellt werden, daß die Schichtuntersuchungen je nach Organ zwischen 0,3 und 6,9 %, im Mittel 3,5 % der röntgendiagnostischen Maßnahmen ausmachen.

Auf Grund von etwa 221 Messungen der Gonadendosen bei Schichtuntersuchungen wurde die durchschnittliche Gonadenbelastung bei Untersuchungen der einzelnen Organe festgestellt sowie der individuelle Schwankungsbereich. Die Auswertung der Untersuchungen im einzelnen erlaubte auch Schlüsse über den Einfluß von Feldgröße, Entfernung des Strahleneinfallsfeldes von den Gonaden und Lage des Patienten. Schließlich wurde das Verhältnis der Gonadenbelastung bei Schichtaufnahmen zu dem von Routineaufnahmen erörtert.

Da die Absolutwerte bei Schichtaufnahmen nur eine geringe Gonadenbelastung bedeuten, der prozentuale Anteil der Schichtaufnahmen an den Gesamtuntersuchungen außerordentlich gering ist und zudem diese Untersuchungsart nur in klinisch indizierten Fällen durchgeführt wird, kann festgestellt werden, daß sich dadurch keine Gefährdung für die Gesamtbevölkerung ergibt.

Herrn Professor Dr. H. v. BRAUNBEHRENS sei an erster Stelle für die freundliche Annahme der Arbeit gedankt.

Es ist mir ein aufrichtiges Bedürfnis, Herrn Priv. Doz. Dr. F. E. STIEVE für die Überlassung des Themas sowie die Erstattung des Referates meinen besonderen Dank auszusprechen.

Für Anregung, Unterstützung und Beratung, die mir bei der Durchführung dieser Arbeit jederzeit gewährt wurden, schulde ich Herrn Priv. Doz. Dr. F. E. STIEVE, Fräulein L. WIDENMANN und Herrn Dr. W. SEELENTAG herzlichen Dank,

S C H R I F T T U M

1. Andrews, J. R.: Planigraphy I; Introduction and History.
Amer. J. Roentgenol. 36 (1936): 575 - 587.
2. Andrews, J. R. und Stava, R. J.:
Planigraphy II.
Amer. J. Roentgenol. 38 (1937): 145 - 151.
3. Andrews, J. R.: Body section roentgenography.
M. Physics (1944): 1264 - 1267.
4. Backlund, V.: Über die Technik der simultanen Telefilm
planigraphie.
Acta radiol., Suppl. 137 (1956).
5. Becker, R.: Das Simultanschichtverfahren.
Tbk. Arzt 12 (1958): 95.
6. Bozzetti: Realizzazione della stratigrafia secondo il
concetto Vallebona, Ziedses des Plantes.
XI. Congr. Naz. Radiol. Med. Perugia, Sept. 1934.
7. Brit. Medical
Research Council: The Hazards to Man of Nuclear and Allied Radiations.
London, 1956.
8. Bunde, E.: In "Medizinische Röntgentechnik" v. H. Schoen,
II. Physikalisch-Technischer Teil.
Thieme-Verlag, Stuttgart, 1958.
9. Coursaget, J.: Mitteilung auf dem 1. Kurs der WHO über
health physics in Stockholm,
Dezember 1955.
10. Griesbach, R. und Kemper, F.:
Röntgenschnittverfahren.
Thieme-Verlag, Stuttgart, 1955.
11. Grossmann, G.: Tomographie I und II. Fortschr. Röntgenstr.
51 (1935): 61 - 80; 191 - 208.
12. Grossmann, G.: Praktische Voraussetzungen für die Tomographie.
Fortschr. Röntgenstr. 52 Beiheft (1935): 28 - 44.
13. Haas: Fortschr. Röntgenstr. 68, (1943): 156 - 157.

14. Hammer-Jacobson, E.:
Ugeskrift for Laeger 119, 279 (1957).
15. International Commission on Radiological Protection:
Exposure of Man to ionizing Radiation arising
from Medical Procedures Phys. in Med. and
Biology 2, 107 - 151 (1957).
16. Janker, R.:
Anwendungsmöglichkeiten und Ergebnisse des
Röntgenschnittverfahrens,
Fortschr. Röntgenstr. 54 Kongr.-H. (1936): 90.
17. Kieffer, J.:
Analysis of laminagraphic Motions and their Values.
Radiology 33 (1939): 560 - 585.
18. Kieffer, J.:
General Principles of section radiography.
Radiol. and Clin. Photogr. 19 (1943): 2 - 10.
19. Langendorff, H.:
Zur Problematik der Strahlengefährdung des Menschen,
Med. Klinik, Sonderheft, Jahrgang 52, Nr. 7,
15. Feb. 1957, 251 - 254.
20. Larsson, L. - E.:
unveröffentl. zit. bei 15.
21. Lasser, E. C. und Nowak, E. L.:
Multiple simultaneous bodysection radiography.
Radiology 66 (1956): 577.
22. Laughlin, I. S. und Pullman, I.:
Nat. Acad. Science.
Washington, 1957.
23. Libby, F. W.:
Science 122: 57 (1955).
24. Liess, G.:
Das Simultanschichtverfahren und seine Anwendung
in der Röntgendiagnostik.
Dtsch. Gesd. wes. 21 (1956): 693.
25. Mac Gregor, W. G. und Oliver, R.:
Lancet 263 (1952): 563
26. Martius, H.:
Strahlenschäden bei der Frau,
Med. Klinik, Sonderheft, Jahrgang 52, Nr. 7,
15. Febr. 1957, 255 - 263.
27. Mohr, H.:
Über Messungen der Gonadendosis bei Patienten in
der Röntgendiagnostik.
Strahlentherapie 106, 80 (1958).

28. National Research Council:
The Biological Effects of Atomic Radiation.
Washington, 1956.
29. Osborn, S. B. und Smith, E. E.:
Lancet 270, 949 (1956).
30. Rajewsky, B.: Strahlendosis und Strahlenwirkung. Tab. G 3.
31. Seelentag, W.: Strahlentherapie 104, 182 - 196 (1957).
32. Seelentag, W., v. Arnim, D., Klotz, E. und Numberger, J.:
Strahlentherapie 105, 169 - 195 (1958).
33. Seelentag, W. und Faltenbacher, K.:
Strahlentherapie 107, Heft 3 (1958).
34. Seelentag, W.: Die Bedeutung des Strahlenschutzes in der
Röntgendiagnostik.
Sonderdruck aus Röntgen- und Laboratoriumspraxis,
Jahrgang XI, Heft 9 (1958).
35. Seelentag, W.: Strahlung und Menschen, ein brennendes Zeitproblem.
Wissenschaftliches Beiblatt zur Materia Medica
Nordmark Nr. 23, Juni 1957.
36. Sievert, R. M. und Hultquist, B. K.:
Acta Radiol. 37: 388 (1952).
37. Spiers, F. W.: Radioactivity in man and his environment.
Brit. J. Radiol. 29: 409 (1956); Brit. J. Radiol. 26:
296 (1953).
38. Spiers, F. W. und Griffith, H. D.:
Brit. J. Radiol. 29: 175 (1956).
39. Stieve, F. E.: La technique de radiographie en coupe et les
diverses modes d'effacement.
J. Radiol. 38: 49 (1957).
40. Stieve, F. E.: Über die Indikation und Leistung des Röntgenschnitt-
verfahrens.
Dtsch. med. Wschr. 77: 129 (1952).
41. Tobb:
Le Polytome de MM. Sans et Porcher.
J. radiol. 31 (1950): 300 - 302.
42. Vieten, H.: Geometrische Betrachtungen zum Problem der
Tomographie. Fortschr. Röntgenstr. 67 (1943): 34 - 40.

43. Vieten, H.: Untersuchungen über die darstellbare Schicht bei Anfertigung von Körperschichtaufnahmen mittels gegenläufiger Parallelverschiebung von Röhre und Bildschicht.
Röntgenpraxis 1 (1948): 50 - 60.
44. Vieten, H.: Über die Möglichkeiten der Röntgendarstellung isolierter Körperschichten.
Dtsch. med. Rdsch. 3 (1949): 30
45. Vieten, H.: Grundlagen und Möglichkeiten der Röntgendarstellung transversaler Körperschichten.
Fortschr. Röntgenstr. 72 (1952): 383.
46. Vieten, H.: Verfahren zur Herstellung von Körperschichtaufnahmen in beliebig gestellten und beliebig gestalteten Schichten.
Fortschr. Röntgenstr. 62 (1940): 322 - 325.
47. Warren, S.: Die Wirkung von Strahlen auf die Lebensdauer.
Klinische Wochenschrift, Jahrgang 36,
Heft 13, Juli 1958.
48. Widenmann, L.: Vergleichende Untersuchungen über Bildqualität und Dosisbedarf bei Simultan- und Einzelschichtaufnahmen.
Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin, Band 89, Heft 5, Nov. 1958.
49. Ziedses des Plantes, B. G.: Eine neue Methode zur Differenzierung in der Röntgenographie (Planigraphie).
Acta radiol. 13 (1932): 182 - 191.

LEBENS LAUF

Am 14. April 1934 bin ich als drittes Kind der Kaufmannsfamilie SHEN Hwa Tung und Gia Ying, geb. Liu, in Shanghai, China, geboren.

Von 1940 bis 1946 besuchte ich die chinesische Normalschule (Grundschule) "Wei Yu", eine der besten Privatschulen in Shanghai. Von 1946 bis 1949 war ich an der "Kian Su Provincial Shanghai High School" und trat 1949 in die "Mc.Tyiere's Girls' High School" ein, eine private, von der protestantischen Mission geleitete Mittelschule mit staatlicher Anerkennung. Hier bestand ich auch die Reifeprüfung.

Vom September 1952 bis März 1953 besuchte ich die Staatliche Medizinische Hochschule von Shanghai. Im September 1953 kam ich nach Hongkong und besuchte dort die private Hochschule "Chong Chi College". Seit dem Wintersemester 1954/55 widmete ich mich als ordentliche Studentin dem Hochschulstudium in Deutschland, zuerst an der Hochschule in Regensburg und seit Sommer 1955 an der Medizinischen Fakultät der Universität München. Hier legte ich im Februar 1957 die ärztliche Vorprüfung ab und beendete am 15. Juni 1960 mein medizinisches Studium mit dem Staatsexamen.

